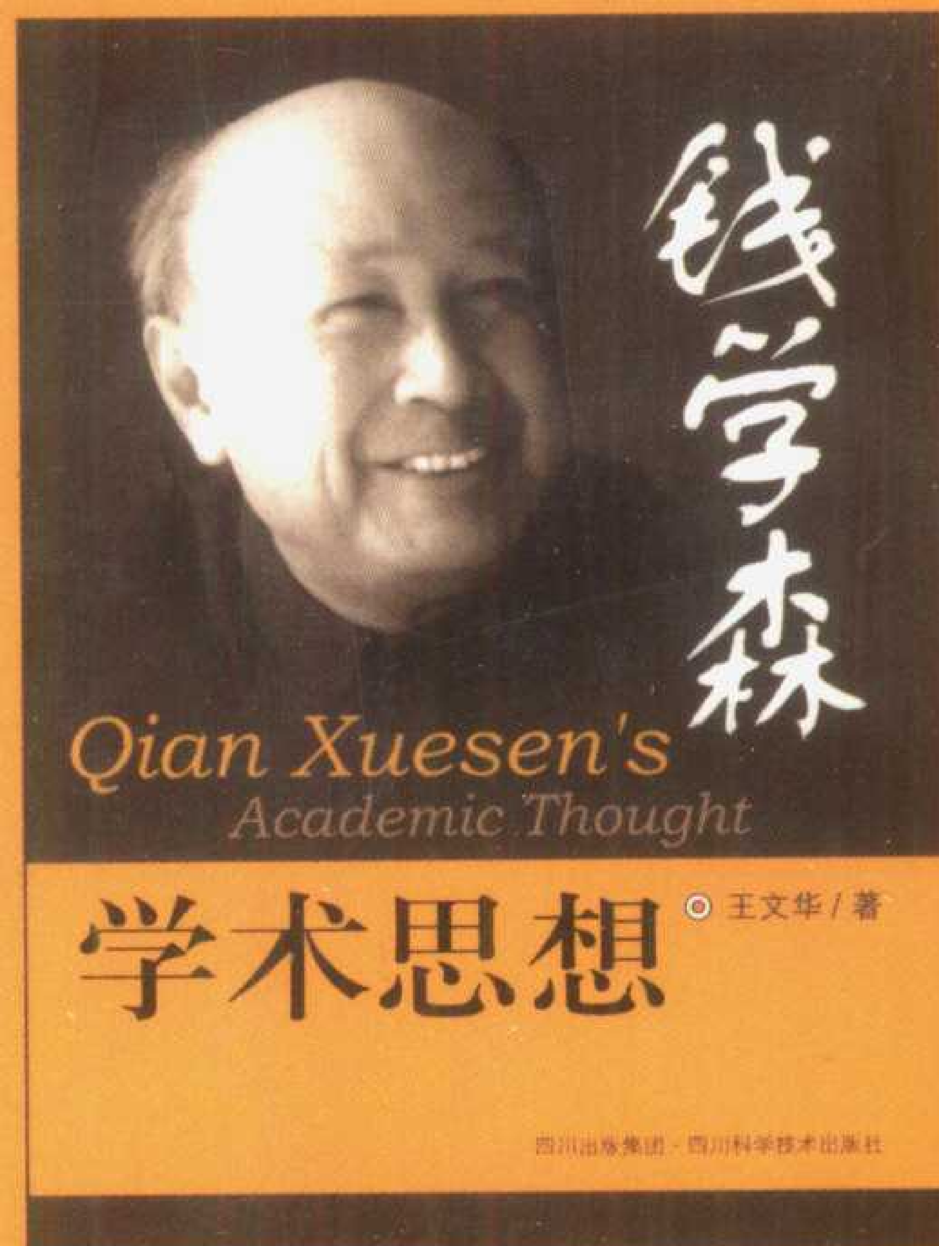
钱学森

Qian Xuesen's Academic Thought

学术思想

◎ 王文华 / 著

四川出版集团 · 四川科学技术出版社



钱学森学术思想

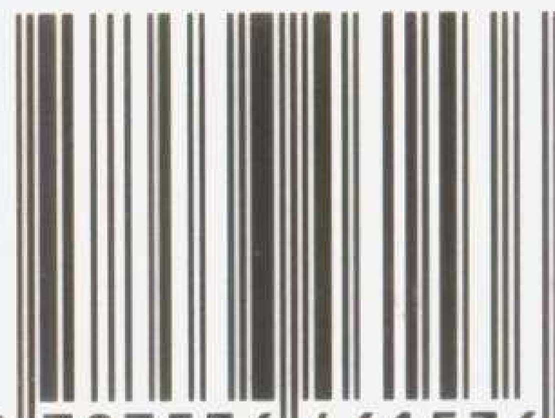
Qian Xuesen's Academic Thought

内容简介

人民科学家钱学森以马克思主义哲学为指导，在近代力学、工程控制论、物理力学、航天科技、系统工程、系统科学、思维科学、人体科学、管理科学、地理科学、建筑科学、社会科学和哲学等领域都作出了创造性贡献。他创造性地构建了现代科学技术体系、社会主义建设体系和综合集成方法论；在众多学科领域中提出令人耳目一新的新思路、新观点，并从整体把握现代科学技术体系，最终提出“大成智慧”的思想。

《钱学森学术思想》是迄今第一部系统研究钱学森学术思想、科学理论、科技贡献、研究风格与艺术的专著。全书有5篇，77章。第一篇为钱学森哲学思想 · 理论与方法论；第二篇为钱学森与现代学科技术发展；第三篇为钱学森学术研究风格与艺术；第四篇为钱学森主要著作简介；第五篇为与时俱进的钱学森思想。全书以丰富翔实的史料，独特的架构体系勾勒出巨幅生动的钱学森思想精华的时代画卷，比较全面地介绍和评价了钱学森主要学术思想体系的形成和发展过程，展望了相关学科的发展前景，向世人展现了世界级科学巨匠钱学森不倦的探求和创造精神。

ISBN 978-7-5364-6153-6



定价：79.00元

钱学森
学术思想

⊙ 王文华 / 著

Qian Xuesen's Academic Thought

四川出版集团·四川科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

钱学森学术思想/王文华著. －成都:四川科学技术出版社,2007.5

ISBN 978－7－5364－6153－6

Ⅰ.钱…　Ⅱ.王…　Ⅲ.钱学森－学术思想－研究

Ⅳ.K826.16

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第044537号

Qian Xuesen Xueshu Sixiang

钱学森学术思想

Qian Xuesen's Academic Thought

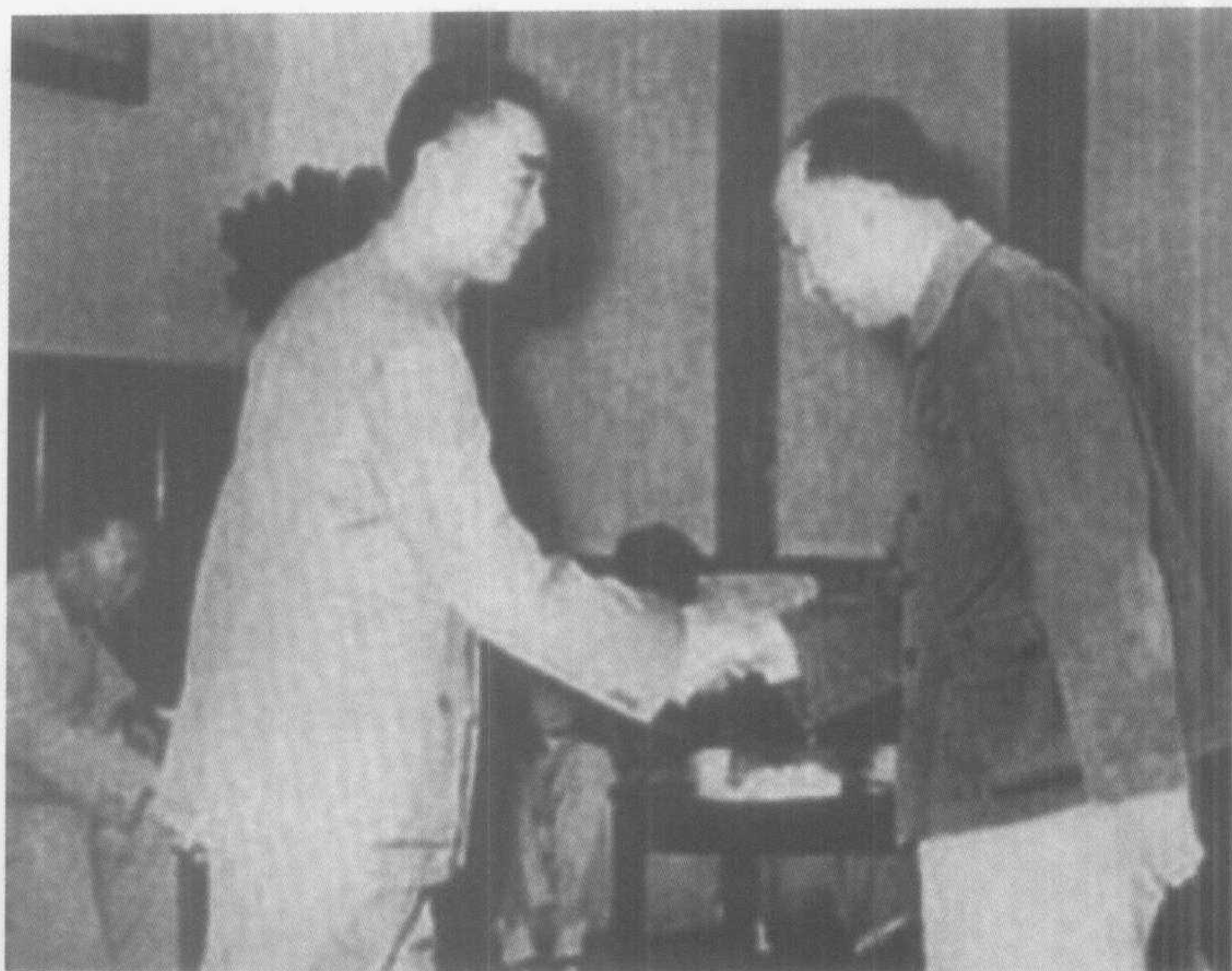
著　　者　王文华
组稿编辑　赵　钢
责任编辑　陈敦和　杨璐璐
封面设计　韩建勇
版面设计　杨璐璐
责任校对　缪栋凯　韩　曦　杨彦康
　　　　　陈丽萍　王　平　等
责任出版　邓　羽
出版发行　四川出版集团·四川科学技术出版社
　　　　　成都市三洞桥路12号　邮政编码610031
成品尺寸　186mm×252mm
　　　　　印张41　字数868千　插页6
印　　刷　四川新华印刷厂
版　　次　2007年5月成都第一版
印　　次　2007年5月成都第一次印刷
定　　价　79.00元
ISBN 978－7－5364－6153－6

1956年2月1日，在毛泽东招待中国人民政治协商会议第二届全国委员会委员的宴会上，毛泽东同钱学森亲切交谈。



1956年7月，刘少奇与钱学森亲切交谈。

周恩来与钱学森亲切握手。



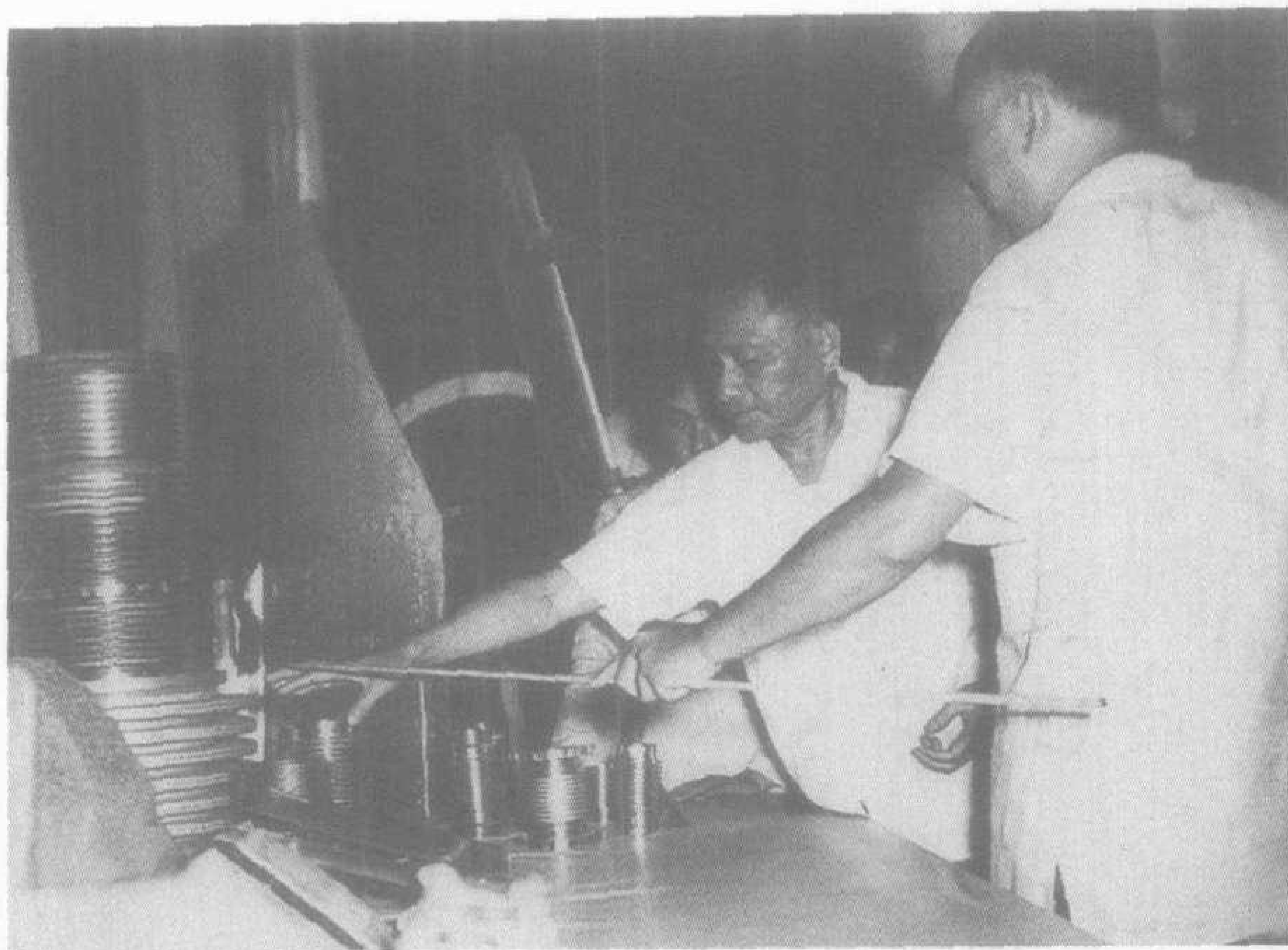


1989 年 10 月 1 日，邓小平在国庆招待会上向钱学森问好。



江泽民探望钱学森。

钱学森陪同邓小平参观运载火箭。





1972 年钱学森陪同朱德参观我国研制的运载火箭。



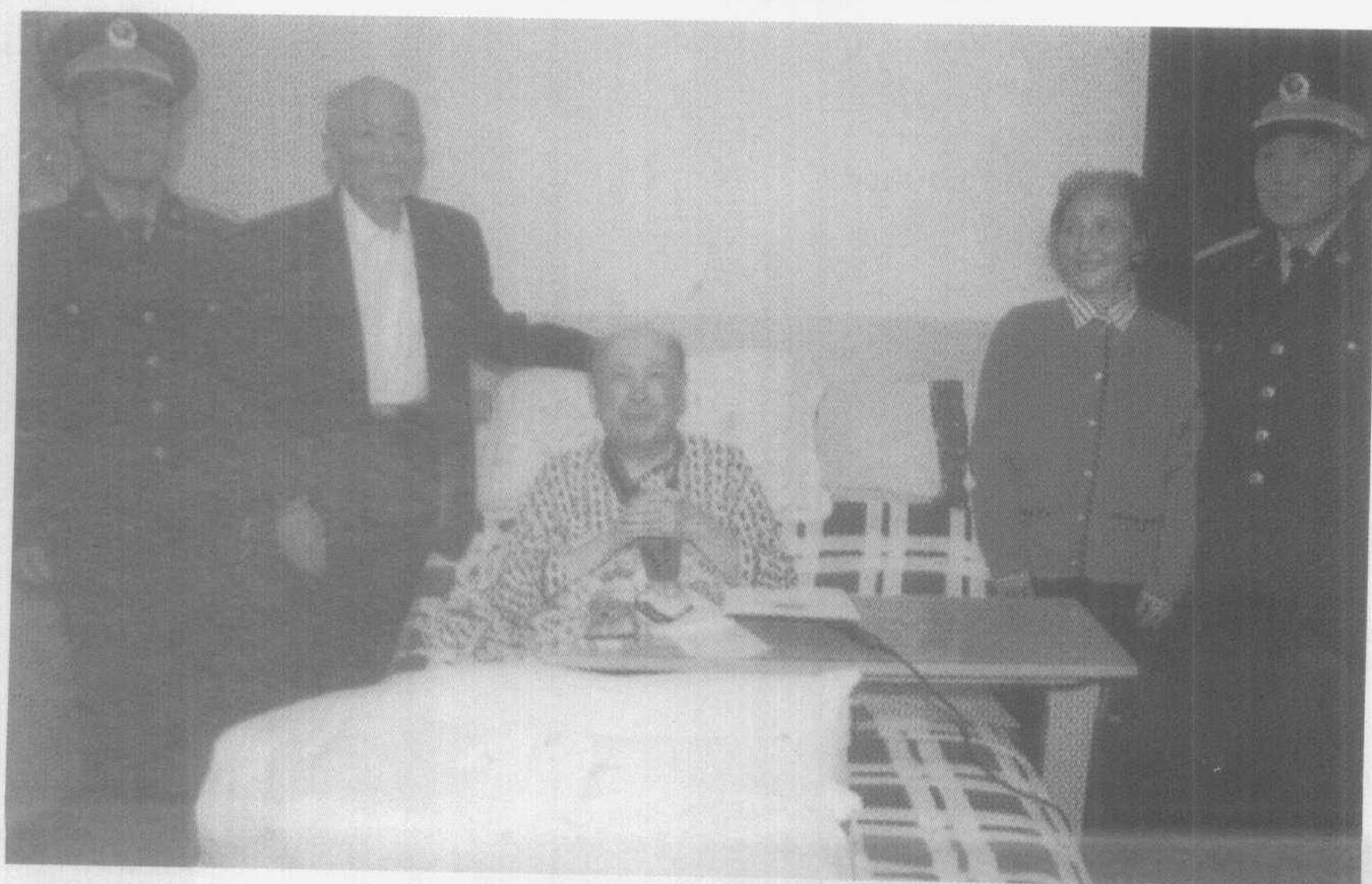
聂荣臻和钱学森等在核基地。



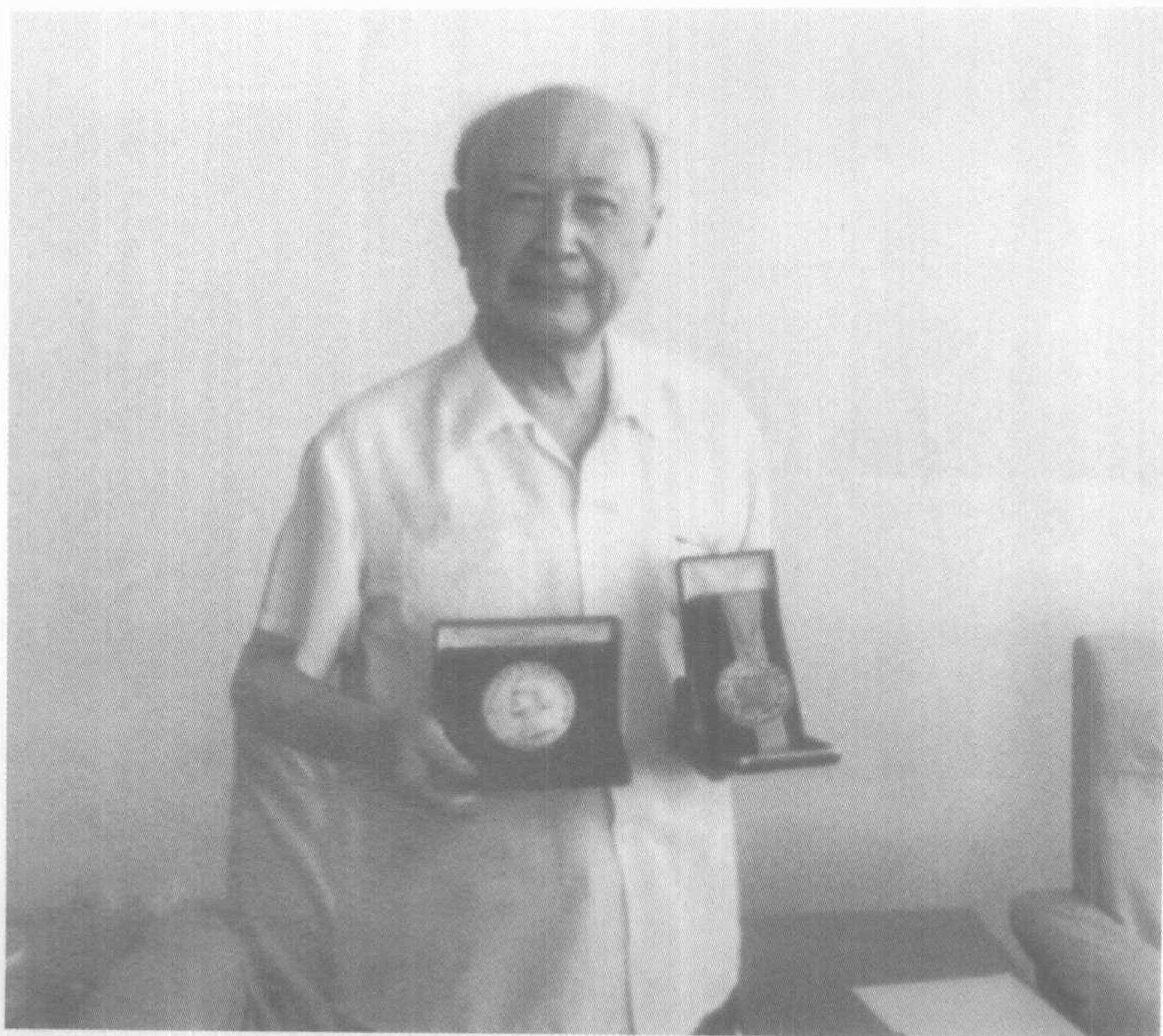
1991 年，国务院、中共军委授予钱学森“国家杰出贡献科学家”荣誉称号后，江泽民向钱学森院士热烈祝贺。



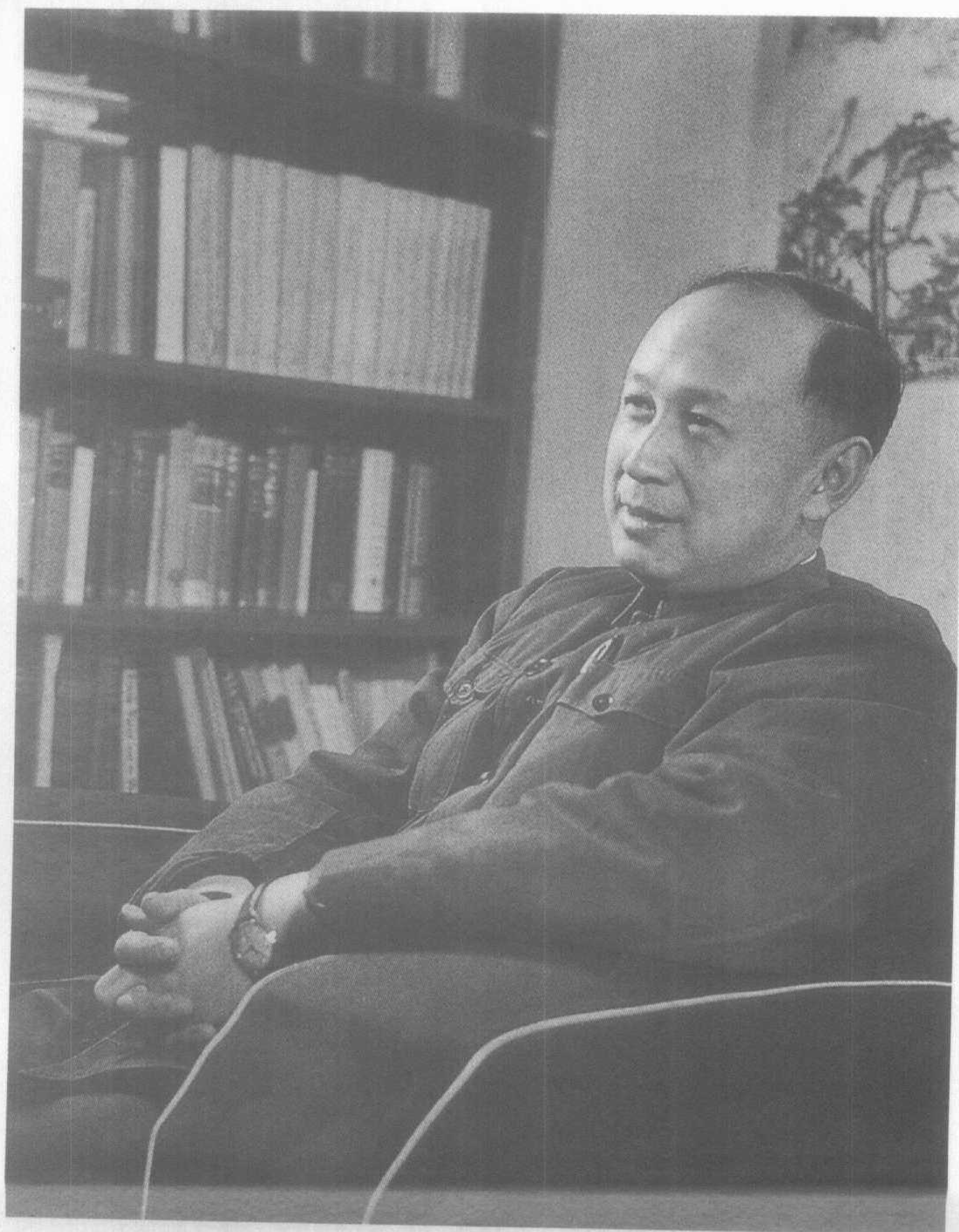
1991 年 10 月 16 日，国务院、中央军委授予钱学森“国家杰出贡献科学家”荣誉称号。在隆重的授奖仪式上，江泽民发表了重要讲话。图为杨尚昆向钱学森颁发“荣誉证书”。



1999 年，中共中央、国务院、中央军委授予钱学森院士“两弹一星功勋奖章”。



1989年，钱学森荣获“小罗克韦尔奖章”和“世界级科学与工程名人”、“国际理工研究所名誉成员”称号。



钱学森在书房中。



1945年4—5月间，第二次世界大战结束前夕，钱学森随其导师、力学大师——冯·卡门率领的美国空军科学咨询团赴英、法、德等国考察航空与火箭研究发展情况，与冯·卡门的老师——著名空气动力学家普朗特在硝烟刚散的哥廷根邂逅相遇[钱学森(中)、冯·卡门(右)和普朗特(左)]。



1939年6月，钱学森在美国加州理工学院获航空科学博士学位。

1991年，钱学森和夫人蒋英在国务院、中央军委授予钱学森"国家杰出贡献科学家"荣誉称号仪式上。



本书图片选自《人民画报》、《当代中国的航天事业》、《中国工程科学》等书刊。

为建立有中国特色的系统工程学科而奋斗

（代　序）

钱学森教授是我国有杰出贡献的科学家，也是世界著名的系统工程专家。近20年来，钱老在系统理论及系统工程方面提出了许多重要的观点，对结合中国国情在我国发展系统工程学科起到了巨大的推动作用。我是在1988年担任全国政协科技委员会委员后才认识钱老的，近20年来从钱老处获益良多。现仅就我个人的所见所闻，谈几点粗浅的体会。

注意拓展系统工程的应用领域

为了使系统工程的理论及方法更加深入人心，真正成为改造客观世界的有力工具，钱老一直注意拓展系统工程的应用领域。据我所知，中国系统工程学会的许多专业委员会都是在钱老的倡导下建立起来的。1988年12月23日，钱老在给我的信中提出："我想中国系统工程学会似尚缺少一个专门搞生产流程的委员会，而生产流程的系统工程对化学工业特别重要。您如同意，您可作为发起人向学会的秘书长或副秘书长建议成立这个委员会。"在钱老的推动下，我们联合了12个部委，于1991年建立了中国系统工程学会过程系统工程专业委员会。这个委员会的建立对在化工、冶金、轻工、建材等过程工业中研究开发及推广应用过程模拟及优化、过程综合与过程管理等过程系统工程技术，提高过程工业的生产技术水平及集约化程度等方面都起到了一定的作用。

强调系统工程在组织管理方面的作用

国外早期的系统工程论著多半着重于技术系统的分析与设计，而钱老则强调系统工程是组织管理的技术。他早在1978年就已指出："系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法。"1986年7月，在全国软科学研究工作座谈会上，钱老又进一步指出："国家是个大的系统，要使这个系统达到最优的状态，有几个方面的工作要做。我认为社会主义国家有八个方面的功能：……

这就是建设我们中国社会主义的学问。这学问实际上是应用科学,它具体到怎么去管理这个国家,用什么方法预测、管理、组织这些问题,是系统工程,或是软科学。”他的这些论断推动了我国的系统工程研究与实践进一步向管理科学及软科学方面延伸,更加注意研究包含人为事物的系统,如企业系统、经济系统及社会系统等。此后钱老又提出了开放的复杂巨系统的概念,以及从定性到定量的综合集成方法,为研究这类系统提供了理论及工具。

提倡从整体上考虑并解决问题

作为一个系统工程专家,钱老一贯提倡要从整体上考虑并解决问题,反对部门分割及地方分割。他在 1990 年时指出:“现在我们的社会形态距理想实在太远了。我不是说一项一项的具体事情,一项一项的成绩是很大的。但是从整体上说,浪费太厉害了,效率太低了。这实在令人担忧。我们一定要治理整顿,深化改革,而这里最重要的是要从整体上考虑,而不是就个别的问题而言。”1991 年 3 月 22 日,钱老在全国政协科技委员会第二次全体扩大会议上的讲话中指出:“我觉得,对于当前我国的科技、经济、政治、国防,要统一起来考虑,要有长远的、宏观的、战略的眼光。现在是一些长远的、宏观的、战略的看法,得不到应有的重视。”1993 年 2 月,我陪同顾秀莲同志去拜访钱老时,他又指出:“现在部门分割、地方分割的问题严重,不易解决。我和成思危同志谈过,要搞大化工……要打破部门界限,把能源、冶金、生物等方面都结合起来。”1996 年 7 月 2 日我去拜访钱老时,他明确地提出:“中国的情况是部门分割严重,所以最重要的工作是向中央提供一个分析结果,报告由于部门分割所带来的损失,这也许是我们社会主义建设向前推进中的最大问题。如果国家自然科学基金委员会能够提出这样的一个报告,我想会有很大的作用,肯定能够得到中央的重视。因为他们也了解这些情况,但我们到底损失有多大,需要科学地估计一下才行。”我认为钱老的这一建议十分重要,需要认真考虑如何着手落实。

推动自然科学与社会科学的结合

钱老十分推崇马克思就自然科学与关于人类的科学将会成为一个科学的预言,并称这一过程为自然科学与社会科学的一体化。他在 1991 年 4 月 13 日给我的信中说:“您论科学技术为第一生产力的文章很好,宜早日发表以帮助大家提高认识。我只想到一点:科学技术不只是自然科学工程技术,还有社会科学、软科学。”在今年 7 月 2 日的谈话中,钱老又提出:“有些涉及到用社会科学来解决管理科学与自然科学之间的问题,就要找一找社会科学家,就是要找那些现在具体在做工作,又能接受管理科学这个概念的,在科学技术工程界和社会科学界之间建立联盟。”在钱老的影响下,我们系统工程界的一些学者开始注意学习社会科学知识,并与社会科学家联合研究一些软科学及管理科学问题,并已取得了一定的效果。

坚持按照国情发展系统工程学科

钱老曾尖锐地指出:“我们现在有一部分人,看外国的东西头晕眼花,说得不好听,就是有点崇洋媚外。应当老老实实地承认,科学技术方面,总的来说,西方某些国家比我们强。我们不要来个阿Q主义,那是很难进步的;但也不能一见外国的东西就躬身下拜,要有分析,实事求是……我当然不是说外国的东西不要看,要看;不但要看,而且要下工夫钻研。但是,我们要去粗取精,他们也确实有精的东西……外国的东西要虚心学习,要吸取他们好的东西,但是,千万不要盲目地跟着走。”而且,他还在不同场合中用一些例子来具体说明这一观点。钱老多次用我国研制“两弹一星”的实例来说明,在社会主义制度下采用民主集中制时有可能做到投入少、速度快、效率高。在谈到从定性到定量的综合集成方法时,他也强调只有在社会主义制度下,由于专家们的根本利益一致,才有可能逐步实现集成。钱老的这些思想鼓励了一些系统工程工作者在努力吸收国外成就的基础上针对我国国情独立思考,大胆创新,并已取得了一些颇有价值的成果。

从以上一些极不完全的叙述中,可以看到钱老的思想及观点对建立有中国特色的系统工程学科具有重大的指导意义。要真正实现这一目标,还需要我们大家坚持不懈地努力,我也愿意为此而贡献自己一份绵薄的力量。

成思危

2006年9月20日

目　　录

卷首语

钱学森,1911年12月11日出生于上海,是独生子。父亲钱均夫(原名钱家治)是浙江杭州一没落丝商的第二子,少小就读于当时杭州的求是学院,曾留学日本,学习教育、地理和历史。母亲章兰娟是杭州富商的女儿。民国成立后,钱均夫就职于北京当时的教育部。钱学森在3岁时随父亲到了北京,上过蒙养院(幼儿园),后相继就读于女师大附小(今北京第二实验小学)、北师大附小(今北京第一实验小学)和北师大附中。

在北京师大附中时,对钱学森影响最深的几位老师是:校长林砺儒(中华人民共和国成立初期任国家教育部副部长)、王鹤清、董鲁安(于力,中华人民共和国成立初期任华北人民政府委员,人民监察院副院长),以及数学老师傅种孙(中华人民共和国成立初期任北京师大副校长)、生物老师俞谟(俞君适)、博物老师李士博、美术老师高希舜(著名国画大师)等。林砺儒校长(当时称主任)制定了一套以启发学生智力为目标的教学大纲。化学老师王鹤清给了钱学森自由到化学实验室做实验的便利,这启发了他对自然科学的兴趣。国文老师董鲁安在课堂上常常讨论时事,表示厌恶北洋军阀政府,憧憬国民革命军北上,后来他去了解放区,中华人民共和国成立后在河北省政府任职。在董鲁安的影响下,钱学森产生了对旧社会腐败的深切不满和对祖国前途、人民命运的无比关心。傅种孙那时已是师大数学讲师,在中学课堂上把数学概念和定律等讲得很透彻。钱学森后来认为,初中三年级时听傅老师的几何课,使自己第一次知道了什么是严谨的科学。一次,钱学森在图书馆借到了一本讲相对论的小册子,书中第一句话提到20世纪有两位大师:一位是自然科学大师爱因斯坦(A. Einstein),一位是社会科学大师列宁。了解了爱因斯坦和列宁,他从此立下了探索自然界奥秘的大志。钱学森对老师们的教诲感激不尽,他后来说:"我若能为国家为人民做点事,也与中小学老师的教育不可分!""我至今仍十分怀念我的母校北京师范大学附中。我在那里受到的良好教育使我终身难忘。"

1929年中学毕业后,钱学森为振兴祖国,决心学工科,于是报考了上海交通大学机械工程系。当时上海交通大学实行的是中西结合的传统教育方法,课业繁重,要求极高,很重视考试分数,学期终了平均分数算到小数点以后两位,同学们都为分数而奋斗。初入

交大的钱学森对这里的"分数战"虽不甚满意,但也不甘落后,非考 90 分以上不可。他对《分析化学》一书能从头至尾一字不漏背出来。在上海交通大学,钱学森非常感激两位倡导把严密的科学理论与工程实际结合起来的老师,一位是工程热力学教授陈石英,一位是电机工程教授钟兆琳。晚年的钱学森说:"我要感谢那时的老师们。他们教学严,要求高,使我确实学到了许多终生受用不尽的知识。"

1930 年暑假后期,钱学森得了伤寒病,在杭州家里卧床一个多月,后因体弱休学一年。在这一年里,他第一次接触到科学社会主义。他爱好美术,在书店买了一本讲艺术史的书,没想到这本书是一位匈牙利社会科学家用唯物史论的观点写的。他从未想到对艺术可以进行科学分析,所以对这一理论产生了极大的兴趣。接着他又读了普列汉诺夫的《论艺术》、布哈林的《唯物论》等书,以及一些西洋哲学史,也看了胡适的《中国哲学史大纲》(上册)。读了这么多书,他感到只有唯物史观和唯物主义才是有道理的,唯心主义等等是没有道理的;马克思的经济学是有道理的,而资产阶级那一套经济学理论,则不能自圆其说。在杭州休假期间,因与学音乐的表弟李元庆(中华人民共和国成立后任音乐研究所所长)思想相投而常交往,通过李元庆略闻左翼文艺运动的情况。休学期满回到学校,钱学森开始接触到共产党的外围组织,参加过多次小型讨论会,从那里他知道了红军和解放区的存在。组织的领导人乔魁贤是当时交大数学系的学生,小组成员有许邦和、袁铁群和褚应璜等人。后来乔魁贤被学校开除,钱学森和小组也失去了联系。他继续埋头读书,每学期的平均分数都超过 90 分,因此获得了免交学费的奖励。在上海交大读书期间,他的好友有林津、熊大纪、郑世芬、罗沛霖、茅于恭等。

1934 年 7 月,钱学森从上海交通大学机械工程系铁道机械工程专业毕业后,紧接着就考取了清华大学赴美的公费留学,专业是飞机设计。在清华的两位导师一位是王助,一位是王士卓。王助是我国早年航空工程师,设计制造了我国第一代飞机,他教导钱学森重视工程技术实践与制造工艺问题。王士卓是清华大学的教授。依照清华关于留美学生的规定,钱学森在 1934—1935 年先后到杭州笕桥飞机厂、南京空军飞机修理厂和南昌空军飞机修理厂实习,最后到北京参观清华大学并拜访导师王士卓,也见到王士卓当时的助教张捷迁。

1935 年 8 月,钱学森从上海乘美国邮船离国赴美,同船的留美同学有徐芝纶、夏勤铎等。当时钱学森的心情是:中国混乱,豺狼当道,暂时到美国去学些科学技术,他日回来为国效劳。到了美国入麻省理工学院航空系,他的成绩不但比美国学生好,而且比同班的其他外国人都好,这使他感到作为一个中国人而自豪。因为学习工程一定要到工厂去,而当时美国航空工厂不欢迎中国人,所以一年后钱学森开始转向航空工程理论,即应用力学的学习。由此,他决定追随世界著名力学大师西尔多・冯・卡门(Theodore Von Karman,1881—1963)教授。当时,冯・卡门教授正在加州理工学院任教。1936 年 10 月,

钱学森在麻省理工学院航空系获得硕士学位后便来到了美国西海岸的加州理工学院，开始了与冯·卡门教授先是师生后是亲密合作者的情谊。冯·卡门第一次见到钱学森时，看到的是一位个子不高、仪表严肃的年轻人。初次见面，钱学森便异常准确地回答了教授的所有提问，他的思维敏捷和富于智慧，顿时给冯·卡门以深刻的印象。冯·卡门教授向钱学森传授了从工程实践提取理论研究对象的原则，也教导他如何把理论应用到工程实践中去。冯·卡门每周主持一次研究讨论会(research conference)和一次学术讨论会(seminar)，这些学术活动给钱学森提供了锻炼创造性思维的良好机会。

到加州理工学院的第二年，钱学森结识了热心研究火箭技术的同学马利纳(F. J. Malina)。共同具有的火箭、音乐和政治兴趣，使两位青年人结为好友。由马利纳介绍，钱学森参加了当时加州理工学院的马列主义学习小组，也得以认识该小组的书记、化学物理助理研究员威因鲍姆(S. Weinbaum)。小组曾学习过英国斯崔奇(J. S. L. Strachey)著的一本书，后来也学习过恩格斯的《反杜林论》。每个星期的例会常讨论时事，主题是反法西斯和人民阵线。小组还参加过美国共产党书记白劳德(E. Browder)的几次讲演会。1938年冬，第二次世界大战爆发后，不少小组成员加入了美国共产党，也有人参加了军事研究，这个小组就自然解散了。后来，马利纳在麦卡锡(Joseph R. McCarthy)主义反动浪潮席卷美国的初期，辞去了加州理工学院喷气推进实验室主任的职务，去巴黎为联合国教科文组织服务，并成为现代派画家，1981年11月9日在巴黎病逝。

1939—1946年，钱学森在加州理工学院任教至副教授。

钱学森在加州理工学院的博士论文工作是1939年6月结束的，论文有《高速气动力学问题的研究》等4篇。取得航空数学博士学位后，任加州理工学院航空系的助理研究员，直到1944年。在这一段时间里，他先从事薄壳体稳定性的研究，1940年完成了研究课题，并撰写了论文在美国航空学会年会上宣读，算是独立研究，出了师。此后钱学森成为冯·卡门的助手，帮助他指导研究生的论文。1940年，经王助的推荐，钱学森成为成都航空研究所的通信研究员，撰写了一篇题为《高速气流突变之测定》的专论在该所研究报告第二号上发表。

1941年，郭永怀、林家翘、傅承义等几位庚子赔款的留学生从加拿大来到了加州理工学院，1942年又来了钱伟长。钱学森和他们相处得比较密切，一般是一起吃晚饭，并常常讨论各种问题。钱伟长多才多艺，傅承义专攻地球物理。钱学森与郭永怀最相知(1957年初，有关方面询问谁是承担核武器爆炸力学工作最合适的人选时，钱学森毫不迟疑地推荐了郭永怀)。1943年下半年，周培源教授也来到加州理工学院做研究工作，找冯·卡门教授讨论湍流统计理论等。这群中国留学生，还有张捷迁和毕德显等人，星期天总要到周培源老师家去玩，高论国事，也替王蒂澂烹制午、晚餐。

到1942年，钱学森的研究工作已有了成绩，并教了一些学生。此时，由于美国战时

军事科学研究的需要,暂时放松了对外国人的限制,故他得以参加机密性工作。1939 年前后,美国空军开始支持火箭研究。1942 年,美国军方委托加州理工学院举办喷气技术训练班,钱学森是教员之一,与美国陆海空三军技术人员有了接触。后来美军从事火箭导弹的军官中,有不少是钱学森当年的学生。1944 年,美国陆军得知德国研制 V-2 火箭的情报,遂委托冯·卡门教授大力研究远程火箭。美军原始型的"下士"式导弹就是他们那时开始设计的。钱学森负责理论组,把林家翘、钱伟长也请了来,进行弹道分析、燃烧室热传导、燃烧理论等研究工作。同时,钱学森还被聘为航空喷气公司(Aerojet Company)的技术顾问,加州理工学院提升钱学森为讲师。冯·卡门对钱学森是很欣赏的,因此在 1945 年初他被美国空军聘为科学咨询团团长的时候,提名钱学森为团员。这个科学咨询团为美国空军提供了一个远景发展意见,钱学森从中学到从大处和远处设想科技发展问题的方法。1945 年 5 月,第二次世界大战结束的前夕,钱学森随科学咨询团去欧洲,考察英国、德国和法国等国家的航空研究,特别是法西斯德国的火箭技术发展情况。考察结束后,加州理工学院提升钱学森为副教授。这一时期,他取得了在近代力学和喷气推进的科学研究方面的宝贵经验,成为当时有名望的优秀科学家。冯·卡门这样评价钱学森:"他在许多数学问题上和我一起工作。我发现他非常富有想象力,他具有天赋的数学才智,能成功地把它与准确洞察自然现象中的物理图景的非凡能力结合在一起。作为一个青年学生,他帮我提炼我自己的某些思想,使一些很艰深的命题变得豁然开朗。"

1946—1949 年,钱学森在麻省理工学院任教授。

1946 年暑期,冯·卡门教授因与加州理工学院当局有分歧而辞职。作为冯·卡门的学生,钱学森也离开加州理工学院,到麻省理工学院任副教授,专教空气动力学专业的研究生。1947 年初,36 岁的钱学森进入了麻省理工学院年轻的正教授行列。同年夏季,钱学森向麻省理工学院当局请假回国探亲,9 月与蒋英在上海结婚。蒋英是著名军事理论家蒋百里(又名蒋方震)和蒋左梅(日裔友人)夫妇的第三女,出生于 1920 年 9 月,是在维也纳和柏林受过良好的音乐教育的女高音声乐家。

1948 年,祖国的解放事业胜利在望,钱学森开始准备回国。为此,他要求退出美国空军科学咨询团,但直到 1949 年才得以实现。他兼任的美国海军炮火研究所顾问的职务,直到 1949 年秋从麻省理工学院回到加州理工学院就任喷气推进技术教授职务时才辞去。

1949—1955 年,钱学森在加州理工学院任教授兼喷气推进中心主任。

1949 年 5 月 20 日,钱学森收到美国芝加哥大学金属研究所副教授研究员、留美中国科学工作者协会(简称留美科协)美中区负责人葛庭燧的来信,同时转来中共党员、当时在香港大学任教的曹日昌教授于 1949 年 5 月 14 日写给自己的信,转达即将解放的祖国召唤他归国服务、领导中华人民共和国航空事业建设之切切深情。这时钱学森还看到周

培源写给林家翘的信，得知北京西郊解放时的良好情况，也见到在加州理工学院做研究生的老同学罗沛霖（曾经以非党技术人员身份在延安工作过）。罗认为，钱学森回国为解放了的祖国服务的时候到了。钱学森遂加紧了返回祖国的准备，以便实现自己多年的夙愿。

但这时正值麦卡锡主义横行，美国全国掀起一股要雇员们效忠政府的歇斯底里的狂热，几乎每天都发生对大学和其他机构进行审查或威胁性审查的事件。加州理工学院也被涉及，因威因鲍姆下狱，怀疑落到钱学森的身上。1950 年 7 月，美国政府决定取消钱学森参加机密研究的资格，理由是他与威因鲍姆有朋友关系，并指控钱学森是美国共产党员，非法入境。钱学森这时立即决定以探亲为名回国，准备一去不返。但当他一家将要出发的时候，美国当局则把他拘留了起来。两周以后，虽然在几位美国同事及朋友的大力帮助下保释出狱，但他却继续受到移民局根据麦卡锡法案进行的迫害，行动处处受到移民局的限制和联邦调查局特务的监视，被滞留在美 5 年之久。1955 年 6 月的一天，钱学森夫妇摆脱特务的监视，在一封写在一张香烟盒纸上寄给在比利时亲戚的家书中，夹带向父亲的好友、全国人大副委员长陈叔通先生求救的信，请求祖国帮助他早日回国。陈叔通先生收到这封信的当天，就把信送到周恩来总理的手里。1955 年 8 月 1 日，中美大使级会谈在日内瓦开始，周恩来总理授意王炳南大使以钱学森这封信为依据，与美方进行交涉和斗争。8 月 5 日，钱学森接到美国政府的通知，说他可以回国，但在乘坐美国邮船的归国途中，他仍被当作犯人对待。

在 1950 年到 1955 年这一段争取回国的时间里，钱学森因受到特务监视，感到压力很大，除了教书和做研究工作以外，学术活动和社会活动参加得很少，但他却始终没有放弃学术研究。钱学森在这个时期的主要开创性的研究成果是 1954 年在美国出版了《工程控制论》一书，以及讲授力学工作介质物理性质的理论《物理力学讲义》。当钱学森在回国前夕同蒋英带着幼儿钱永刚、幼女钱永真向他的老师告别时，冯·卡门充满感情地说："你现在学术上已经超过了我！"从 1936 年 10 月起，钱学森在冯·卡门直接指导和领导下学习和工作长达十几年之久，钱学森常回忆说："我师是全世界著名工程和航空技术的权威冯·卡门。他是一位使我永不能忘记的恩师！"就在美国政府迫害钱学森的 5 年中，加州理工学院的许多美国朋友安慰他，千方百计地给他解决困难，表示了真诚的友情，如西尔斯（W. R. Sears）教授、马勃尔（F. Marble）教授、米尔斯（M. Mills）、登肯·兰尼（Duncan Rannie）等等。

钱学森后来回顾在美国的经历时说："我从 1935 年去美国，1955 年回国，在美国待了 20 年。20 年中，前三四年是学习，后十几年是工作，所有这一切都在做准备，为了回到祖国后能为人民做点事。我在美国那么长时间，从来没想过这一辈子要在那里待下去。我这么说是有根据的。因为在美国，一个人参加工作，总要把他的一部分收入存入保险公

司，以备晚年退休之后用。在美国期间，有人好几次问我存了保险金没有，我说一块美元也不存，他们感到很奇怪。其实没有什么奇怪的。因为我是中国人，根本不打算在美国住一辈子。”

1955年10月8日，钱学森一家到达香港。从香港上岸开始，通过与中国旅行社同志的接触，他感受到了祖国的温暖、党和政府对他们的关怀备至。当日到广州，钱学森一家见到了中国科学院派来迎接他们的朱兆祥。钱学森受到广东省委书记陶铸的接见和宴请，并参观了广州市。经过上海、杭州，最后于10月28日到达北京。不久，领导安排钱学森到东北地区参观，走访了农村和工厂，特别是飞机制造厂等，饱览了祖国欣欣向荣的景象。

1955年11月，钱学森和钱伟长合作筹建中国科学院力学研究所。1956年1月5日，力学研究所正式成立，钱学森任第一任所长，直到20世纪70年代后期。在钱学森倡议下，中国力学学会在1957年正式成立，钱学森被一致推举为第一任理事长。1958年他任中国科学技术大学近代力学系主任，讲授星际航行概论和物理力学。

1956—1965年，他任国防部第五研究院院长、副院长；1956—1982年，任中国科学院力学研究所长，1958—1978年，任中国科学技术大学近代力学系主任；1965—1970年，任七机部副部长；1968年兼任中国空间技术研究院第一任院长；1970—1982年，任国防科委副主任。

1956年春，钱学森应邀出席中国人民政治协商会议第二届全国委员会第二次全体会议，并在会上发言。2月1日晚，毛泽东主席设宴招待全体委员，并特意安排钱学森同自己坐在一起，进行了亲切的交谈。这是一个有意义的时刻，它表明钱学森从1955年10月8日回到祖国后，已全身心地投入了中国共产党领导的现代化建设事业。1959年，经杜润生、杨刚毅介绍，钱学森加入了中国共产党。

1956年，钱学森所著《工程控制论》获中国科学院自然科学一等奖。美国斯坦福大学的控制论专家伦伯格（D. G. Luenberger）于1990年访问我国时，对许国志院士说：《工程控制论》的学术思想在国际上至少超前5年。已故自动控制专家高为炳院士，曾论述《工程控制论》是自动控制领域中引用率最高的著作。

1957年，钱学森被增选为中国科学院学部委员。同年9月，国际自动控制联合会（IFAC）成立大会推举钱学森为第一届IFAC理事会常务理事。1961年，在中国自动化学会成立大会上，全体代表一致推举钱学森为首任理事长。

在上世纪40年代试验导弹的日子里，钱学森就意识到导弹日益增长着的重要性，需要建立一个他称之为喷气式武器部的新机构，用新的军事思想和方法专门进行研究。在参观中国人民解放军哈尔滨军事工程学院时，院长陈赓大将专程从北京赶回哈尔滨接见钱学森，他问钱学森的第一句话是：“中国人搞导弹行不行？”钱学森说：“外国人能干的，

中国人为什么不能干?"陈赓大将说:"好!就要你这句话。"这次谈话,决定了钱学森从事火箭、导弹和航天事业的生涯。1955 年 12 月 27 日,方毅根据彭德怀元帅的指示,详细地听取了钱学森关于如何发展我国火箭导弹技术的意见。1956 年 2 月 17 日,在周恩来总理的鼓励下,作为一个刚刚回归祖国不久的科学家,钱学森怀着对我国国防事业强烈的责任感,给国务院写了关于《建立我国国防航空工业的意见书》(出于保密,当时用"国防航空工业"这个词来代表火箭、导弹和后来所称的航空航天技术)。《意见书》指出:"健全的航空工业,除了制造工厂外,还应该有一个强大的为设计服务的研究及试验单位,应该有一个作长远及基本研究的单位。自然,这几个部门应该有一个统一领导的机构,做全面规划及安排的工作。"《意见书》提出了我国"国防航空工业"的组织草案、发展计划和具体步骤,并开列了一份可以调来做高级技术研究工作的 21 人名单,包括任新民、罗沛霖、梁守槃、胡海昌、庄逢甘、罗时钧、林同骥等。《意见书》立即引起中央领导的重视,1956 年 3 月 14 日,周恩来总理亲自主持会议研究,决定由周恩来总理、聂荣臻元帅和钱学森等筹备组建导弹航空科学研究的领导机构——航空工业委员会,委员会下设:(1)设计机构,(2)科学研究机构,(3)生产机构。1956 年 4 月 13 日,国务院成立了以聂荣臻元帅为主任的航空工业委员会,钱学森被任命为委员。

1956 年春,周恩来总理亲自组织领导数百名科学技术专家,制定新中国第一个发展远景规划——《1956 至 1967 年科学技术发展远景规划纲要》,确定了 57 项国家重要科学技术发展任务。由钱学森主持,在王弼、沈元、任新民等的合作下完成了第 37 项《喷气和火箭技术的建立》的规划。钱学森在这项重要科学技术任务的说明书中指出:"喷气和火箭技术是现代国防事业的两个主要方面:一方面是喷气式的飞机,一方面是导弹。没有这两种技术,就没有现代的航空,就没有现代的国防。建立了喷气和火箭技术,民用航空方面的科学技术问题也就不难解决。""本任务的预期结果是建立并发展喷气和火箭技术,以便在 12 年内使我国喷气和火箭技术走上独立发展的道路并接近世界先进的科学技术水平,以满足国防的需要。""必须尽快建立包括研究、设计和试制的综合性的导弹研究机构,并逐步建立飞机方面的各个研究机构。""1963—1967 年,在本国研究工作的指导下,独立进行设计和制造国防上需要的、达到当时先进性能的导弹。""在国防部的航空工业委员会下成立导弹研究院,该院自 1956 年起开始建设,1960 年建成。"1956 年 5 月 10 日,聂荣臻元帅提出《关于建立我国导弹研究工作的初步意见》,并建议:在航空工业委员会下设立导弹管理局,钱学森任总工程师;建立导弹研究院,钱学森任院长。钱学森很快受命负责组建我国第一个火箭、导弹研究院——国防部第五研究院。1956 年 10 月 8 日,恰好是钱学森回归祖国一周年的日子,聂荣臻元帅亲自主持五院成立仪式。这一天也是对新中国 156 名大学毕业生进行导弹专业教育和训练班的开课纪念日。在训练班上,钱学森主讲了《导弹概论》。在 1942 年加州理工学院喷气推进技术训练班授课 14 年

之后，钱学森为能在自己的国家培养我国第一批火箭、导弹技术人才，感到无比激动。这批受训的大学生，后来成为我国火箭、导弹与航天技术队伍的骨干。1957年2月18日，周恩来总理签署国务院命令，任命钱学森为国防部第五研究院第一任院长。从此，在周恩来总理、聂荣臻元帅直接领导下，钱学森开始了作为我国火箭、导弹和航天事业技术领导人的长期经历。1957年11月16日，周恩来总理任命钱学森兼任国防部第五研究院一分院院长。1958年5月29日，聂荣臻元帅同黄克诚、钱学森一起部署了我国第一枚近程导弹的制造工作。在聂荣臻元帅现场亲自指导下，以张爱萍将军为主任，孙继先、钱学森、王诤为副主任的试验委员会，在我国酒泉发射场成功地组织了我国制造的第一枚近程导弹的飞行试验。正如聂荣臻元帅在庆祝宴会上的祝酒词中所说，在祖国的地平线上，飞起了我国自己制造的第一枚导弹，这是我国军事装备史上一个重要的转折点。1964年6月29日，我国第一个自行设计制造的中近程导弹进行飞行试验获得成功。1966年10月27日，遵照周恩来总理“严肃认真、周到细致、稳妥可靠、万无一失”的指示，钱学森协助聂荣臻元帅，在酒泉发射场直接领导了用中近程导弹运载原子弹的“两弹结合”飞行试验，导弹飞行正常，原子弹在预定的距离和高度实现核爆炸。这次史无前例的试验标志着中国开始有了用于自卫的导弹核武器，也标志着《1956至1967年科学技术发展远景规划纲要》规定的“1963—1967年在本国研究工作的指导下，独立进行设计和制造国防上需要的、达到当时先进性能的导弹”这一任务提前完成。第二天，即1966年10月28日，《纽约时报》用这样的文字报道了这一重大事件：“一位15年中在美国接受教育、培养、鼓励并成为科学名流的人，负责了这项试验，这是对冷战历史的嘲弄。1950—1955年的5年中，美国政府成为这位科学家的迫害者，将他视为异己的共产党分子予以拘捕，并试图改变他的思想，违背他的意愿滞留他，最后才放逐他出境回到自己的祖国。”

早在1953年，钱学森就研究了星际航行理论的可行性。1958年，中国科学院成立了以钱学森为组长、赵九章和卫一清为副组长的领导小组，负责筹建人造卫星、运载火箭以及卫星探测仪器和空间物理的设计、研究。1961年6月，在钱学森、赵九章等的倡导下，中国科学院开始举办了持续12次的星际航行座谈会，钱学森在第一次座谈会上发表了题为《今天苏联及美国星际航行火箭动力及其展望》的讲演。1963年，中国科学院成立了由竺可桢、裴丽生、钱学森、赵九章领导的星际航行委员会，负责组织制定星际航行发展规划，安排预先研究课题。1965年1月8日，钱学森正式向国家提出报告，建议早日制定我国人造卫星的研究计划并列入国家任务。钱学森指出：“自从苏联在1957年10月4日发射第一颗人造地球卫星以来，中国科学院及原第五研究院对这项新技术就有些考虑，但未作为研制任务。现在看来，人造卫星有以下几种已经明确的用途：测地卫星、通信及广播卫星、预警卫星、气象卫星、导航卫星、侦察卫星。重量更大的载人卫星在国际上的应用，现在虽然还不十分明确，也得有所准备。现在我国弹道式导弹已有一定的基

础,现在型号进一步发展,即能发射100公斤左右重量的仪器卫星。有些工作是复杂艰巨的,必须及早开展有关的研究、研制工作,才能到时拿出东西。因此,建议国家早日制定我国人造卫星的研究计划,列入国家任务,促进这项重大的国防科学技术的发展。"聂荣臻元帅很重视钱学森的建议,指出:"只要力量上有可能,就积极去搞。"1965年4月29日,国防科委向中央专门委员会报告了邀请张劲夫、钱学森、孙俊人及国家科委、国防工办专业局的负责同志和专家进行研究的结果,提出了在1970年或1971年发射我国质量为100公斤左右的第一颗人造地球卫星的设想。中央专门委员会于1965年5月4—5日召开的第12次会议和8月9—10日召开的第13次会议,原则批准了我国第一颗人造地球卫星的规划方案,以及争取在1970年左右发射我国第一颗人造地球卫星的设想。钱学森为解决人造卫星研制中的许多关键技术问题贡献了智慧。在1966年6月下旬,第一颗人造卫星运载火箭"长征一号",为解决滑行段喷管控制问题而进行的滑行段晃动半实物仿真试验,出现了晃动幅值达几十米的异常现象。钱学森亲临现场,在讨论中认定:这种现象在近于失重状态下产生,原晃动模型已不成立,此时流体已呈粉末状态,晃动力很小,不影响飞行。后来多次飞行试验证明,这个结论是正确的。在"文化大革命"的日子里,钱学森协助周恩来总理,为领导人造卫星研制计划的正常进行,发挥了特殊的作用。由于"文化大革命","长征一号"运载火箭试车无法进行,1969年7月17日、18日、19日和25日,周恩来总理连续4次召开会议,解决二级和三级地面试车问题,委派钱学森协同七机部军管会副主任杨国宇全权处理有关试车事宜。从而得以在8月22日取得试车成功。1970年,在周恩来总理的直接关怀下,钱学森、李福泽、杨国宇、任新民、戚发轫等在酒泉卫星发射场组织实施了第一颗人造卫星的发射工作。1970年4月24日,质量为173公斤的我国第一颗人造卫星发射成功。钱学森和发射基地的领导人及试验队的代表在现场发表了热情洋溢的讲话。"五一"国际劳动节晚上,毛泽东主席、周恩来总理在天安门城楼上接见了钱学森、任新民等参加第一颗人造卫星工程研制的代表。这颗卫星向全世界播送的《东方红》乐曲,宣告了新中国迎来了航天时代的黎明。

周恩来总理和聂荣臻元帅是钱学森最崇敬的我国科技事业领导人。他说过:"按照我的体会,周总理、聂老总就是把他们过去在解放战争中组织大规模作战的那套办法,有效地用到科技工作中来,把成千上万的科技大军组织起来了。"

1970年6月12日,钱学森调任国防科学技术委员会任副主任。在新的岗位上,他虽然仍要花费很大精力,参与组织领导和实施我国导弹和航天技术领域重大型号的研制和发射试验工作,但他也以自己广博的知识,开阔的眼界,从更高的层次上,思考我国国防尖端科学技术中许多其他领域的重大科学和技术问题,甚至全国科学技术发展的重大问题,并提出过许多富于创新的、超前的见解。有些意见和见解,则是他到国防科学技术委员会任职以前就提出和发表过的。

钱学森十分注意研究总结“两弹一星”工作中的共性问题和个性问题，即一般问题和特殊问题。对于这两类不同性质的问题，要归纳总结它们各自的内涵和规律，分别不同的性质和职责去处理解决。处在国防科委的领导岗位上，钱学森尤其注意共性问题的统筹解决。

钱学森不仅将我国航天系统工程的实践提炼成航天系统工程理论，并且在20世纪80年代初提出国民经济建设总体设计部的概念，致力于将航天系统工程概念推广应用到整个国家和国民经济建设中。从1978年春天开始，钱学森为促进运筹学、系统工程、系统分析在我国发展，作出了重要贡献。他先后在北京、成都、昆明、长沙发表了一系列学术演讲。这些演讲的主要见解，后来集中表达在1978年9月27日公开发表的论文《组织管理的技术——系统工程》中。学术界公认这是我国系统科学研究的第一个里程碑。

钱学森对系统科学最重要的贡献，是他发展了系统科学和开放的复杂巨系统的方法论。1990年钱学森同于景元、戴汝为合作发表了论文《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》，这篇论文是系统科学发展的又一个里程碑，它首次提出了处理开放的复杂巨系统的从定性到定量综合集成法。这个方法应用的成功，就在于发挥了这个系统的整体优势和综合优势。钱学森在1992年进而提出了从定性到定量的综合集成法的应用形式，即综合集成研讨厅体系。钱学森的系统科学思想，使人们认识到开放的复杂巨系统具有科学与经验相结合的本质，指导人们运用一种科学的途径去求科学与经验相结合的解答，并从社会形态和开放复杂巨系统的高度，论述了社会系统。

在20世纪80年代初，人工智能已成为国际上的一大热门，但学术思想却处于混乱状态。在这样的背景下，钱学森站在科技发展的前沿，提出创建思维科学(noetic science)这一科学技术部门，把20世纪30年代中国哲学界已经议论过，并有所争论，但在当时条件下没法讲清楚的主张，科学地概括成为思维科学。

钱学森是中国人体科学的倡导者，他在20世纪80年代初提出用“人体功能态”理论来描述人体这一开放的复杂巨系统，研究系统的结构、功能和行为。

钱学森认为，马克思主义哲学是人类对客观世界认识的最高概括，也是现代科学技术(包括自然科学与社会科学)的最高概括，钱学森将当代科学技术发展状况，归纳为十一个紧密相连的科学技术部门。这十一大科学技术部门的划分方法，正是钱学森运用马克思主义哲学，特别是系统论对科学分类方法的又一创新。

钱学森在谈到他上世纪60—80年代的学术工作时说：

我体会到大规模的组织领导工作必须用现代新技术——系统工程和系统科学。这也是我后来从事现代科学技术体系研究的发端。我也由此逐渐从自然科学技术工作转入社会科学、哲学的研究，也深信马克思主义哲学是指导我们一切工作的基础。

回顾过去固然重要，但我却更乐意展望未来，想想科学技术在今后会有哪些重大发

展，作为第一生产力，这些发展对我国的社会主义现代化建设事业，乃至对人类社会可能产生什么样的重大影响。我们要面向现代化、面向世界、面向未来嘛。

我们现在已经看到并正在经历的，是由电子信息技术发展所引发的信息革命。计算机的迅速发展和普及，通信网络的建设，已使信息革命渗透到人类社会的许多方面，改变着人类的生产方式、工作方式、生活方式和学习方式，也改造着人自身，体力劳动与脑力劳动的差别将会消失。所以信息革命是又一次产业革命，即我所说的第五次产业革命。

我们还应该看到在即将到来的21世纪，以太阳光为能源，利用生物（包括植物、动物及菌物）、水和大气，建立农、林、草、海、沙5种综合种植，畜、禽、菌、药、渔加上工、贸的知识密集型产业，将是人类历史上的第六次产业革命。这次产业革命将不是发生在工业发达的大城市，而是发生在农村，使农村变为小城镇，城乡差别消灭了，工业与农业的差别消灭了。

1956—1980年，钱学森任中国科协第一届全国委员会委员，1980—1986年，任中国科协第二届副主席，1986—1991年任第三届主席，1991年至今为中国科协名誉主席。他对中国科协也作出过重要贡献。首先在1979年6月29日，他主动找周培源谈话，提出“文化大革命”已经结束，党中央正在致力于恢复和发展社会主义建设的各项事业，中国科协的活动也应尽快恢复。他说，现在社会主义建设的各个部门都是纵向的垂直领导关系，这有利于加强党对各项事业的领导。但也有一个缺点，即缺乏横向的、各部门的、各领域之间的交流。这种横向的交流对科学事业的发展尤为重要。中国科协正好可以发挥这种横向的各学科之间的联系和交流作用。

在钱学森的积极建议和推动下，一批著名科学家向中央提出建议恢复中国科协的活动，并得到批准。经过一年多的筹备，中国科协的各个学会都恢复了正常活动。

1986年，在中国科学技术协会第三届全国代表大会上，钱学森被一致选为主席。他在担任主席期间，积极配合国家社会主义改革的进程，大抓了中国科协的改革问题，如各学会实行会员制等，并在1990年给中央写信，恢复了中国科协在全国政协团体会员的资格。1991年中国科协换届，钱学森被选为中国科协名誉主席。

钱学森是中国共产党第九、第十、第十一、第十二届全国代表大会代表和中央候补委员。

1986年4月至1998年3月，钱学森担任中国人民政治协商会议第六、七、八届全国委员会副主席。他在政协负责科学技术委员会的工作，在团结广大科技工作者进行政治协商、民主监督和参政议政方面发挥了重要作用。

1985年，钱学森因对我国战略导弹技术的贡献，作为第一获奖人和屠守锷、姚桐斌、郝复俭、梁思礼、庄逢甘、李绪鄂等获全国科技进步特等奖。1991年10月16日，国务院、中央军委授予钱学森“国家杰出贡献科学家”荣誉称号和全军一级英模奖章，以表彰他对

我国科学技术事业所作出的重大贡献。钱学森是与雷锋、焦裕禄、王进喜等一起被中共中央组织部列为中华人民共和国成立以来在群众中享有崇高威望的共产党员优秀代表，深受全国人民的爱戴。1994年，获“何梁何利基金优秀奖”（奖金100万港元，全部捐赠给促进沙产业发展基金）；1999年9月，中共中央、国务院、中央军委授予他“两弹一星功勋奖章”，以表彰他对我国“两弹一星”事业作出的重要贡献；2001年，获霍英东奖金委员会颁发的“霍英东杰出奖”（奖金100万港元，全部捐赠给促进沙产业发展基金和钱学森草产业奖励基金）。2001年8月29日，江泽民总书记批示：“我们应该向人民科学家钱学森同志学习。”

1979年，钱学森荣获加州理工学院“杰出校友奖”（The Distinguished Alumni Award）。奖状上写着：“您对基础科学的突出贡献，以及在教育上的创新和勇敢的领导，对我们进入超音速飞行与航天时代起到了重要作用。”1989年6月29日，在美国纽约召开的1989年国际技术与技术交流大会授予钱学森“威拉德·F·小罗克韦尔（Rockwell. Jr.）奖章”和“世界级科学与工程名人”、“国际理工研究所名誉成员”的称号，表彰他对火箭导弹技术、航天技术和系统工程理论作出的重大开拓性贡献，称他“在作为加州理工学院学生时代，冯·卡门教授就因他在喷气推进和超声速飞机设计方面的才智而对他特别宠爱。在有关火箭设计的研究工作中，为发展喷气推进技术，冯·卡门教授引入了钱学森公式。钱学森长期担任中国先驱的火箭和航天计划的技术领导人，对航天技术、系统科学和系统工程作出了巨大的和开拓性的贡献”。2001年国际小行星中心和国际小行星命名委员会，将中国紫金山天文台发现的编号为3763号小行星命名为“钱学森星”。

第一篇

钱学森哲学思想·理论与方法论

第一章至第二十九章

第一章 钱学森与马克思主义

钱学森认为，马克思主义哲学是人类对客观世界认识的最高概括，也是现代科学技术的最高概括，它的核心是辩证唯物主义；而历史唯物主义、自然辩证法、认识论与辩证唯物主义不在同一个层次上，前三者与后者不是并列的关系。具体地说，辩证唯物主义的崇高地位及其概括性是由于它反映了自然界、人类社会和思维发展的普遍规律，也就是反映了所有科学的普遍而共同的规律，因此，全部科学、理论都应该坚持以马克思主义哲学为指导，不能违背马克思主义哲学的基本原理。这就是马克思主义哲学应具备的高度概括性。同时，又不能把马克思主义哲学作为万古不变的教条，要不断以各门具体科学的成果来丰富、完善、发展马克思主义哲学，甚至凡是人类通过实践不断积累起来的一切知识性、经验性和还不系统、不成其为科学或称“前科学”的大量零金碎玉，以及现代科学技术体系以外的所有知识，都要随时注意与之交流，予以整理、鉴别、提炼、吸收进来，充实马克思主义哲学体系。这就是马克思主义哲学应具备的不断生长的开放性。钱学森关于马克思主义哲学更具概括性与开放性的观点，扩展与深化了马克思主义哲学的基本特征，使之更具有无限生命力。

一、钱学森马克思主义世界观的形成

钱学森的马克思主义哲学思想的形成和发展经历了一段比较长的时期。与其他一些著名科学家一样，他也经历了由一位朴素、自发的辩证唯物主义者到自觉的辩证唯物主义者的转变历程。

钱学森很早就对哲学，特别是马克思主义哲学产生了浓厚的兴趣，并且始终进行着不懈的探索。20世纪30年代他留学美国，有两个人对他的一生产生了重大的影响。一个是他的导师、世界著名空气动力学家冯·卡门教授。正是这位导师使他在飞行动力学领域作出了重要的贡献，成为与冯·卡门齐名的世界著名科学家；另一个就是他的老师、也是冯·卡门教授的学生马利纳教授。正是由马利纳介绍，钱学森参加了加州理工学院教授们的马列主义学习小组。在这个小组里，他参加了学习和讨论恩格斯的《自然辩证法》和《反杜林论》等，还听过美国共产党书记的演讲。为此，在麦卡锡主义横行美国的20世纪50年代，他曾被美国联邦调查局无理拘押15天，遭受了种种折磨，不但体重陡然减轻30磅，随后还受到联邦调查局特务长达5年的日夜监视和跟踪。

这一时期，从哲学思想来说，他只是一个自发的、朴素唯物主义者。因为他这时既没真正找到马克思主义，也没有构成自己的哲学思想。正如他自己所说："只是在工作中，从经验和教训中得到了几条治学应该注意的东西，如看问题应找什么样的角度，碰了钉子又如何办等。"在为回到祖国而斗争的几年时间里，为了使自己的思想能跟上祖国飞跃发展的形势，他开始初步直接接触马克思主义，自觉地学习了《资本论》、《自然辩证法》等经典著作。当然，在美国麦卡锡分子的骚扰下，学习不可能系统、全面。

回到祖国后，钱学森开始系统、认真地学习马克思列宁主义、毛泽东思想等著作。1955年10月9日，回国后的第二天，他便在广州新华书店买了列宁的《唯物主义和经验主义批判》、《哲学笔记》，毛泽东的《实践论》、《矛盾论》，以及由苏联康士坦丁诺夫主编的《历史唯物主义》等许多经典哲学著作和《中华人民共和国宪法》及"第一个五年发展规划"。他对马克思主义哲学如饥似渴，认真、自觉学习和研究自然辩证法。他多次讲到："通过学习马克思主义哲学和毛泽东的著作，发现自己在美国总结出来的那几条治学心得，比起马克思主义哲学来，就好比大海中漂着的几个小水泡，算不了什么。"通过这自觉、认真地学习马克思主义，他很快就由朴素唯物主义转变为一个自觉的辩证唯物主义者。他把马克思主义哲学的普遍原理同自己的科研实践结合起来，在20世纪50年代就写出了《技术科学中的方法论问题》和《技术科学的研究能脱离马克思列宁主义哲学吗?》等文章。这为他投身社会主义事业，用辩证唯物主义指导科研实践奠定了牢固的理论基础。他自觉地把马克思主义哲学作为指路明灯，成为我们学习的典范。

在长期的马克思主义哲学的学习与实践中，钱学森深刻理解了马克思主义哲学的精髓。他是一位坚定的马克思主义者，始终坚信马克思主义哲学即辩证唯物主义是人类一切知识的最高概括。他认为这包括两方面的含义：一方面，"马克思主义哲学既然是人类知识的最高概括，那么，人类知识有新东西产生了，马克思主义哲学也必然要发展，要吸收新的科学成果"；另一方面，马克思主义哲学作为科学技术的最高概括，是经过实践检验过的真理，因此，我们就必须坚持马克思主义真理，就必须用来指导科学技术的进一步发展。正因如此，他不但把马克思主义哲学作为自己行动的指南，而且不断总结自己的科研实践，根据当代科学技术发展历史、现状和趋势，以渊博的学术和一个自然科学家特有的眼光，从1979年发表《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》开始，对马克思主义哲学的地位和作用、马克思主义哲学的体系结构、马克思主义哲学的基本核心、马克思

主义哲学的研究对象以及马克思主义哲学的深化和发展等问题，都提出了自己独到的见解，逐渐形成了富有特色的马克思主义哲学观。如果说，钱学森早年曾经是硕果累累的伟大科学家（1989 年获"小罗克韦尔奖"足以说明）的话，那么，从 20 世纪 80 年代初开始，晚年的钱学森又成了一位卓有见地的马克思主义哲学家。

二、研究马克思主义理论，运用马克思主义哲学，明确了马克思主义哲学研究的对象

1991 年 10 月 16 日，江泽民同志在授予钱学森"国家杰出贡献科学家"荣誉称号仪式上的讲话对他给予很高的评价："他几十年来坚持用马克思主义指导自己的研究工作和社会活动，无论在何种政治风浪下，始终忠于党、忠于人民、忠于祖国的科技事业和社会主义事业。完全可以说，钱学森同志是我国爱国知识分子的典范，他的经历体现了当代中国知识分子追求进步的正确道路。"

在谈到发展智力，发展创造能力问题时钱学森说："人的智慧是什么？我觉得，人的智慧就在于真正掌握了客观世界最基本的原理，只有这样才能站得高，看得远。今天，我们中国人民很幸运，因为我们建立了马克思主义哲学是科学的最高概括这样一个观念，我们要取得最高的创造力，最高的智慧，就应该学习马克思主义哲学。"（《创建系统学》106 页）

"根据马克思主义哲学的观点，人类的知识最后要概括到哲学，就是马克思主义的哲学，就是科学的哲学，不是臆想的哲学，不是乱编的哲学。从实践上升到科学的理论，又从经过实践考验的科学理论再上升到、概括到哲学。这一观点，不知哲学家是否接受？最近几年我常宣传这一观点。正因为这样，我认为马克思主义哲学是有道理的，是经过实践考验的，是最科学的。马克思主义的核心就是辩证唯物主义，它联系到各门科学就产生了各种科学的哲学，这些大家已经知道。例如，自然辩证法是自然科学的哲学，历史唯物主义是社会科学的哲学，等等。它们都要有哲学的概括，最后综合起来再概括就是马克思主义哲学，这就是我常宣传的现代科学的体系。"（《创建系统学》105 页）由此可以看出，钱学森确实是一位努力学习马列主义和毛泽东思想，自觉改造世界观和人生观，自觉运用辩证唯物论指导科研，勇于开拓和创造的科学家。

钱学森经常告诫他的下属或身边的同志，要多读点哲学书，实践论是历史唯物主义的发展，矛盾论是辩证唯物主义的发展，要讲究思想方法和工作方法，才能使导弹、火箭的研究取得事半功倍的发展。他经常语重心长地告诫人们，人要有创造性，最高的创造性，要有真正的智慧，必须要有马克思主义哲学。道理很简单，因为这是人类知识最高的、最正确的概括，你掌握了这个锐利工具，当然会站得高、看得远。

从事综合性、交叉学科研究以及复杂工程系统开发与建设的科技人员，经常面对具有深刻社会性、复杂系统性的研究课题，客观上要求他们应当具有广阔的视野，开阔的思维，宽阔的胸怀。为此，应当自觉地学习、研究马克思主义哲学，树立辩证唯物主义的世界观与方法论。钱学森在这方面为我们树立了光辉的榜样，他认为："马克思理论是迄今最科学的社会科学理论，马克思主义的世界观是科学的世界观……马克思主义哲学则是

人类知识的最高概括,要发展现代科学技术,必须用马克思主义哲学作指导。"他以其亲身经历谆谆告诫我们:"马克思主义哲学确实是个宝,是一件锐利的武器。我们在搞科学研究时(当然包括交叉科学),如若丢弃这件宝贝,实在是太傻了! 而如果能在交叉科学的研究中用好马克思主义哲学,那交叉科学在我国的发展前途是光明的,这是必然的,毫无疑问的。"

不论研究什么问题,钱学森总是能从马克思主义哲学的角度分析和衡量,看看这个问题是否符合马克思主义哲学,比如他对从定性到定量综合集成法的认识过程就是如此。他认为,这个方法的特点就是把很多很多不同的人的定性认识综合起来,综合的最后结果要达到定量的认识,所以这个过程就是从很多很多定性认识,经过处理变成定量的,定量跟原来的定性不在同一个水平上,是更高一层的东西。这个过程就是从低层次的定性到高一层次的定量,然后定量累积起来成了更高层次的定性。这是人认识过程的不断发展,也就是从前毛泽东同志提出的感性认识到理性认识的循环往复发展。所以这个中心思想是符合马克思主义哲学的。定性和定量是在不同的层次,而且是个辩证的过程,这个思想很重要。国外的学者不领会这个意思,他们总认为定性是定性,定量是定量,是两个不相干的东西。那是不对的。大概也有人把定性和定量放在同一个锅里煮,放在一个水平上看。这也不对,也解决不了问题。这就是一个定性定量的辩证法。

哲学家们常讨论哲学的研究对象,或者说马克思主义哲学的研究对象问题。钱学森认为,现代科学技术体系十一个部门、十一架桥梁,然后到马克思主义哲学。这就说明了马克思主义哲学与全部自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学、行为科学、地理科学、建筑科学和文艺理论这十一大部门的关系。"如果这个关系明确了,那么哲学是研究什么对象的,那不是一目了然了吗? 也就是我常讲的:马克思主义哲学必然要指导科学技术研究,而科学技术的发展也必然发展与深化马克思主义哲学。因为马克思主义哲学不是死的,它一方面指导我们的科学技术工作,另一方面科学技术工作实践总结出来的理论,必然会影响到马克思主义哲学的发展与深化。"(《创建系统学》,2001 年)钱学森这一观点,应该为当今的哲学家们所接受和赞同,因为这一观点本身就是对马克思主义哲学的深化和发展,为哲学家们明确了马克思主义哲学研究的对象。

1985 年,钱学森在一次谈话中指出:"我把马克思主义哲学和全部科学技术组织在一起,也可以解决当前哲学界在议论的一个问题:什么是马克思主义哲学的对象?""人类的社会实践就是这样,先形成经验知识,这是前科学,然后上升到科学,在一步步上升,最后概括为马克思主义哲学。"(《科学的艺术与艺术的科学》,117 ~ 118 页)

钱学森指出:"辩证唯物主义就是这样明确了主观对于客观的依存关系,但又强调了人的主观能动作用。人正是作为认识主体掌握客观规律和改造客观世界的。这些当然是不能任意改变的原理,是我们的哲学家们所熟知的。"同时他又指出:"但哲学家们似乎不太深究认识主体在人类社会中的发展变化、认识主体与社会历史发展的关系。"(《科学的艺术与艺术的科学》,86 页)

三、发展马克思主义哲学，推动着马克思主义的中国化，找到了马克思主义哲学创新发展的新途径(或方向)

在中国，哲学工作者都很熟悉马克思的名言："任何真正的哲学都是自己时代精神的精华。"(《马克思恩格斯全集》第1卷，第121页)马克思主义作为开放的科学的思想体系，在一定程度上如实地反映了客观世界的本来面目，具有客观真理性以及真理的绝对性，因此必须坚持。同时，马克思主义的基本原理，又是马克思、恩格斯等在特定历史条件下对客观世界规律性的科学概括，因此认识不可能十分完善。虽然对我们具有普遍的指导意义，然而，要使这一普遍真理在我国实现，即对发展着的实践产生具体的指导作用，还必须把它同今天的实践相结合，在新的实践基础上达到新的统一。在坚持的同时，又要发展。钱学森就是在这种坚持与发展中，通过马克思主义来重构中华民族新的马克思主义哲学的。

钱学森认为："马克思主义哲学是发展的，马克思主义哲学的核心就是辩证唯物主义。辩证唯物主义是人类认识客观世界的科学的最高概括。但是，在马克思主义哲学这个核心之外也是有层次结构的，为什么不允许有桥梁呢？桥梁就是核心结构下面更基础的、联系到各门科学技术的、更直接的那一部分。整个桥梁加核心都是马克思主义哲学，就是马克思主义哲学本身也是有结构的，有层次的。"

1982年，钱学森发表《研究社会主义精神财富创造事业的学问——文化学》一文认为，现在西方的哲学界里有各式各样的议论，很混乱。为了避免混乱，他认为应该把知识、文化用另外一个更概括性的词，把它总括起来。于是他提出"精神财富"这样一个词。他关于"精神财富"的阐述，是对马克思主义哲学的深化和发展。他说："在人认识客观世界的过程中就有三个方面在起相互作用：人——认识的主体；客观世界——认识的对象；精神财富——全人类所创造的认识工具。这里必须明确：客观世界，也就是物质，是第一性的；起认识作用的人的意识，也就是精神，是大脑的产品，是第二性的；精神财富是人类创造的，反映了人对客观世界的认识，当然也是第二性的。这个说法，比起经典马克思主义哲学，有了发展。在客观世界和作为认识的主体之外，加了精神财富这个不同于二者的第三者。但马克思主义哲学的根本原理没有变，物质是第一性的，精神是第二性的。"(《科学的艺术与艺术的科学》，89~90页)钱学森对他提出这样一种说法作了说明，一方面是吸取了一点英国哲学家，或者叫科学哲学家卡尔·波普尔的一些说法，但是也批评了、反对了卡尔·波普尔的二元论说法。

1984年11月1日上午，钱学森在与《文艺研究》编辑部负责人和有关人员谈话时指出："还有一种人思想僵化，死守经典著作不动。马克思、恩格斯、列宁、毛泽东没有讲过的东西，都不许讲，比如在哲学书中有一些'系统科学'、'系统工程'、'信息'一类的词，就认为这就不能叫马克思主义哲学了，应把'马克思主义'五个字去掉，他们不看本质的东西，只是死抠字眼。他们敢谈的都是马克思、恩格斯、列宁著作里有的东西，现在我们要解决的很多问题，经典里没有的都不许研究，怎么行啊？一是迷信外国的洋货，一是死抱着经典。"(《科学的艺术与艺术的科学》，101页)他还说："我们不能靠《资本论》那个

本本来吃饭，马克思没有看到我们现在的中国，建设具有中国特色的社会主义，要靠我们自己的实践。当然不是说《资本论》的原理可以背离了，原理是真理，背离了不行，问题是要结合我们的实际。"

"不管今天有些人怎么怀疑马克思主义，不管今天有些人怎么批判科学共产主义的学说，马克思、恩格斯提出的人类共产主义文明更高阶段的理想，是真善美的统一，是真正合乎人性的，是真正人道主义的，它确实是人类社会文明的理想境界。这就是为什么一百多年来它吸引了千千万万人的原因，无数的志士仁人为此奋斗、献身的原因。不管今天现实社会主义国家中还有多少不尽如人意，不文明的现象存在，它仍不能掩盖共产主义文明的光辉。这种共产主义的最高文明形态仍是任何一个真正追求人类解放，特别是任何一个真正的共产党人所应该追求的崇高理想。"（钱学森著《创建系统学》，165 页）

钱学森晚年对马克思主义哲学的认知已达到很高的境界。他运用系统科学的观点和方法，逐步形成了一个现代科学技术与马克思主义哲学相联系的整体构想。这一思想，不但为系统地建立科学技术的严密的体系打下了基础，而且是对马克思主义哲学理论的重大发展。

1. 钱学森建立了一个合理、系统的马克思主义哲学体系

马克思、恩格斯一直没有给自己的哲学构造一个体系，这就给后人留下了一个争论的地方。传统的方法是把马克思主义哲学看作由并列的四大块构成，是"一整块钢铁"，不能分割。我们的教科书也一直沿用这种结构。钱学森第一次提出了马克思主义哲学也有其层次结构。他认为马克思主义哲学有两个层次，最高层次就是辩证唯物主义，它是马克思主义哲学的核心，在核心的下面，是通往十一大科技部门的桥梁。一个核心和十一架桥梁，形成了马克思主义哲学本身的体系结构。这样钱学森就突破了传统的四大块的看法，划清了马克思主义哲学的层次、核心和分支。

2. 钱学森科学地确立了马克思主义哲学的对象

马克思主义哲学的研究对象是什么？学术界一直争论不休，至今没有完全解决。钱学森从现代科学技术的结构体系出发，科学地确立了马克思主义哲学的对象。他认为所有的科学技术最高的概括就是哲学。一百多年前，恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》中就说过，由于自然科学的兴起，"自然哲学就最终被清除了"。钱学森则进一步指出："由于科学技术体系的形成，只有同全部科学技术相结合的哲学才是马克思主义哲学。其他的所谓'哲学'也将'最终被清除了'。"钱学森这一新见解，对于哲学是"理论化、系统化的世界观"，"哲学是自然、社会和思维知识的概括和总结"，这对传统的看法，是一个重要的补充。

3. 钱学森找到了人类一切知识上升到马克思主义哲学的具体途径

我们通常说马克思主义是人类一切知识的最高概括和总结，但怎样概括，却没有找到一条具体的、科学的途径。钱学森却通过他构造的科学技术体系找到了这条途径。他认为，人类那种大量的说不清道不明的不成文的实践感受可以转化、上升为实践经验的知识，这种前科学性质的知识又可以上升、转化为条理化、系统化的科学技术，而科学技术又按部门通过各自的桥梁上升到马克思主义哲学的核心——辩证唯物主义。钱学森

通过扎根于各门具体科学技术部门的中介桥梁，解决了马克思主义如何正确地去概括人类一切知识的途径，这条途径既具体又科学。由此可见，马克思主义哲学不是随意直接地去概括人类的一切知识的，而是通过几个中间环节，从低层次到高层次，一步一步逐渐概括、提升。

4. 钱学森科学地解决了马克思主义哲学和各门具体科学的关系

哲学与科学之间的关系是长期争论但又至今没有很好解决的问题。正因如此，以至于历史上经常出现"代替论"和"过时论"两种左右极端的错误形式。钱学森通过其构造的现代科学技术体系，科学地解决了这个问题，可以防止这些偏向的出现。他认为，马克思主义哲学与科学技术之间既相互区别，又相互联系。其区别在于，十一大科学部门与马克思主义哲学的层次不同。马克思主义哲学处于金字塔之顶，而各门具体科学是塔之基础。各门具体科学都有其自身的发展机制和评价标准。因此，钱学森认为马克思主义哲学不能取代科学技术理论。马克思主义哲学与科学的相互关系表现在十一大科学技术部门通过十一大中介"桥梁"与马克思主义哲学的核心——辩证唯物主义紧紧联系在一起，共同构成一个有机的系统——现代科学技术体系。

钱学森不仅是马克思主义哲学新体系的构建者，同时也是一位脚踏实地的实践者。他通过对物理学和天文学前沿的概括、抽象所提出的"五观"，是宇宙物质的大层次的崭新观点，就是一个典型的例子。

钱学森说："我们过去对物质世界的认识只有宏观、微观两个层次。所谓宏观，比如我们这些人、房子、地球，都属于这个层次；所谓微观，要用到量子力学，要深入到分子、原子、原子核、基本粒子这个世界。我们国家的天文学家戴文赛教授提出还有一个宇观，就是银河系那么大，10 万光年左右。目前物理学上有个苗头，发现微观世界下面还有一个层次，给它起了个名字，叫渺观。不仅如此，在宇观上面，也还有一个层次……这个范围更大，我给它起了个名字，叫胀观。所以，现在不是宇观、宏观、微观，而是胀观、宇观、宏观、微观、渺观，是五观了。"他认为，这里所讲的"五观"，说的就是客观世界的本质是什么，本原是什么的问题，这恰恰属于本体论讨论的问题。本体论是用思辨来讨论问题，但是客观世界的本质问题，本体论没有解决，现代科学可以解决，所以，"哲学家曾提出过的所谓'本体论'就不必要了"。长期以来，我们的哲学教科书就是按照哲学主要是本体论的观点来编写的，把马克思主义哲学本体论化的结果，势必使它的内容越来越走向实证化、公式化，变成像列宁所比喻的"实例总和"的理论。钱学森这些观点的提出，不但对我们继承和发展马克思主义哲学有重大意义，而且为我们如何从各门科学技术概括到马克思主义哲学提供了一个成功的典范。

1985 年冬，钱学森在一次谈话中开门见山地指出："我从前在国外，在自己的科研工作中，做了点事，对于应该怎么办事，问题应该怎么看，有一些体会，我自己还蛮得意，因为那总算是自己的心得。后来回到祖国以后，初步接触到马克思主义经典著作，觉得我那点东西就太肤浅了，经典著作里都有，而且比我说得好得多，深刻得多。打那以后，我就感到了马克思主义哲学的重要。那时候，毛泽东同志也号召我们去学习，我是认真地去学的，越学越觉着有味，有那么几本书，学完了以后，觉着里边的一些道理，运用到我们

的实际工作中去，非常之开窍。”（《科学的艺术与艺术的科学》，111 页）

钱学森特别强调，科学工作者要重视辩证唯物主义的指导，它可以增进自己的才干，提高工作中的自觉性和目的性。1986 年 2 月 23 日，他在一次讲话中谈到精神和物质的关系时指出：“在这个问题上，西方科学是唯物主义的，但有点过头，转到机械唯物论上去了，不承认大脑的反作用。事实上，大脑是可以反作用于它以下的层次的，包括各个器官和器官的组成部分。就是说，精神是物质（大脑）的运动，精神又可以反作用于物质（人体的器官），这样一个观点才是辩证唯物主义，才是真正符合马克思主义的哲学。”（《论人体科学》，286 页）

钱学森是一位自觉运用马克思主义哲学指导自己科学研究工作的科学家。他在给中国社会科学院一位朋友的信中说：“我近 30 年来一直在学习马克思主义哲学，并总是试图用马克思主义哲学指导我的工作。马克思主义哲学是智慧的源泉！而且一个马克思主义者是绝不会不爱人民的，绝不会不爱祖国的。”正是因为这个原因，他在吸取国外现代科学技术进展成果的同时，又能甩掉他们的种种局限，站得比外国科学家更高一些。

1994 年 7 月 20 日，钱学森在与全国政协秘书长朱训（原地质矿产部部长）谈话时说：“我是政协六届副主席。七届换届时，我提出不再担任副主席了，但大家不同意，又把我选上了。从前我是搞科技工作的，回到祖国后很高兴，一切听党的话。‘文化大革命’开始后，弄得我晕头转向。我这才感到自己知识面太窄了，光懂得自然科学技术不行，还要学习哲学、学习社会科学。正好 20 世纪 80 年代中央党校请我去讲课，我就利用那段时间学习了哲学，社会科学。马克思、恩格斯的经典著作我在 20 世纪 60 年代就按照毛主席的要求读了，但当时还没有融会贯通。”（《创建系统学》，97 页）钱学森是中国先进知识分子中坚持以马克思主义的辩证唯物论哲学指导科学技术实践的优秀代表。他对马克思主义哲学能够指导科学发展抱有坚定的信念。他不断地、反复地公开申明自己的信念：所有当代科学技术都应该归入马克思主义辩证唯物论哲学指导的知识体系的网络之中，在马克思主义哲学原理的指导下，科学研究和工程技术就能够取得真正的新成就，否则就可能走弯路或步入歧途。马克思主义的正确性，已经被 20 世纪世界自然科学和技术科学的广泛实践和伟大成就所证实。他公开申明并要求科技界处处坚持以马克思主义哲学指导自己的科技活动，是出于他深厚的科学知识，对世界自然科学成就的充分把握，对自己半个世纪之久的科学研究、科学试验、技术实践的经验总结，以及由此产生的马克思主义哲学坚定不移的信念。

1991 年，钱学森在谈到从定性到定量综合集成法的工作过程必须“以《矛盾论》指导思想”时说：“用以上观点看几本讲系统哲学的书，则都似乎差劲。将来我们的系统科学哲学概括，‘系统论’，可不要再犯此错误。”他所指的“错误”和“差劲”之处，首先在于这些作者轻视、甚至拒绝马克思主义哲学的指导，带有唯心论和机械唯物论的东西。他一再告诫中国学者，我们要进行系统科学的哲学概括，要自觉克服唯心论和机械唯物论的误导，最重要的就是坚持马克思主义哲学的指导；尤其强调《矛盾论》和《实践论》的哲学思想的现实意义。这个思想在他的著述和通信中反复出现，可以说是“念念不忘”。

1955 年 10 月 28 日，钱学森回到祖国来到北京，中国科学院请他作了一次报告，地点

在当时的政协礼堂。钱学森报告的主题是关于用辩证唯物论指导科研工作的问题。他在报告中谦虚地说："我在美国从事科研工作20年，从科研工作中不断积累和认真总结的经验和科研方法，自感是行之有效的一套方法。回国后，学习了有关辩证唯物论和历史唯物论方面的著作及毛泽东的《实践论》和《矛盾论》，才恍然大悟，感到自己总结出来的那套科研方法，在马克思、恩格斯和毛泽东的著作中都已阐述得很清楚了。"

上世纪80年代，钱学森多次在中央党校作讲演时强调指出："我们的科学技术发展必须要用马克思主义的哲学来指导，这一点不能动摇，而且我们还要加强宣传……因为这是一个真理。道理是很简单的，既然马克思主义哲学是人类认识客观世界的最高概括，最高的学问，最一般的规律，因而它当然可以指导科学研究，包括自然科学的研究。另一方面，我们又要看到，科学技术的发展反过来又为马克思主义哲学的深入和发展提供素材，这同样也很重要。因为马克思主义哲学不是教条，不是一成不变的。而是发展的，有生命的。怎样发展呢？就是靠后来人的社会实践来发展。自然科学技术是人的社会实践的一个重要方面。自然科学技术的发展，必然也会为马克思主义的哲学提供素材。这一点是很重要，也是有很多教训的。"

他指出："我们一定要强调、要宣传马克思主义哲学对科学技术的指导作用。这个工作要做得好一点，就会使得我们有更多的科学技术人员学马克思主义哲学，运用马克思主义哲学。这对于我们国家的科学技术发展将会有很大促进，而且这个是强有力的，是我们国家之所长。另一方面，我们也要注意从自然科学新的发展和工程技术新的发展中吸取素材，深化和发展马克思哲学本身。"

1986年，钱学森在《关于编写国防科普丛书的报告》上批示指出："我希望他们在书上能体现辩证唯物主义和历史唯物主义，不要只就技术讲技术，要看得远一些。应该讲讲系统工程和C^3I等。"他的意见强调了国防科普创作要坚持马列主义、毛泽东思想，引导人们树立马克思主义世界观，同时也给国防科普创作指明了方向。

四、钱学森对发展马克思主义哲学的重要贡献；对那种否定辩证唯物主义世界观的思潮"筑起了一道难以超越的铜墙铁壁"

钱学森认为，科学技术发展了，作为它的理论概括的马克思主义哲学也必然随着发展。"作为马克思主义哲学家来说，无非有两种情况，一种是自觉地、主动地跟上，另一种是不自觉地、被动地跟上。""历史上哲学的发展中，哲学家们以被动方式接受新发展的居多数，所以每次科学技术的重大进展都对哲学引起强烈的冲击。""马克思、恩格斯、列宁以后的一些自称为马克思主义的哲学家，并没有把科学技术的新成果用来丰富和深化马克思主义哲学，往往反而错误地去批判这些新理论，说成是反马克思主义的。例如，摩尔根遗传学和基因的发现、化学键理论、共振论、控制论、人工智能、电子计算机代替人的一部分脑力劳动等等都曾受到过某些批判。这些批判都被事实证明是错误的。"

钱学森认为："马克思主义哲学是有崇高的地位的，但是，哲学作为科学技术的最高概括，它是扎根于科学技术中的，是以人的社会实践为基础的。哲学不能反对，也不能否定科学技术的发展，只能因科学技术的发展而发展，不然岂不僵化了吗？哲学家们要看

到今天自然科学、科学的社会科学正处于重大突破的前夕，正酝酿着一系列技术革命。所以要力求主动，不断吸取新科学、新技术的成就作为发展马克思主义哲学的素材。”

在这新的形势下，马克思主义哲学通过什么方法来发展？为了解决好这个问题，钱学森提出一个现代科学技术体系的构想，用架“桥梁”的方式，把科学技术体系中十一大部门向马克思主义哲学的核心输送养料，从而达到丰富、发展马克思主义哲学。如果离开了这十一架桥梁，就会割断马克思主义哲学与各门具体科学的联系，使各门具体科学失去正确的世界观和方法论的指导，也会使马克思主义哲学失去生命活力的源泉。因此，十一架桥梁的提出，具体地解决了马克思主义哲学与各门学科联系的途径问题。这对马克思主义哲学发展和各门科学的发展，具有重大的理论意义和实践意义。

那么，马克思主义哲学的核心是什么呢？以前我们把马克思主义哲学看作由并列的辩证唯物主义、历史唯物主义、自然辩证法、认识论四大块组成。钱学森认为在马克思、恩格斯时代，“这种看法是有道理的，在历史发展中形成的，但从现代化的、展望未来中形成的，它又是陈旧的，应该革新”。他认为：“世界上的一切理论，都是一层一层地概括的，到了最高层次就是哲学，就是人认识客观世界、改造客观世界总结出来的最高原理、最有普遍性的原理。这种最有普遍性的原理的就是马克思主义哲学的核心，就是辩证唯物主义。”为什么辩证唯物主义和历史唯物主义不能并列？钱学森列举了两条理由：第一，“列宁在《卡尔·马克思》一文中说过，马克思、恩格斯为什么研究社会现象、建立历史唯物主义观点？他们这样做，是为了用大量的社会历史现象的事实来说明辩证唯物主义的正确性”；第二，“我国马克思主义哲学家、理论家、老前辈李达同志早在 1948 年写的一本《法理学大纲》中就明确地把‘科学的世界观’作为借助于人类知识全部历史的成果，在最高层次，下一个层次才是‘科学的社会观’，并说‘法律观被包含于社会观之中，直接由社会观所指导，间接由世界观所指导’。李达同志当时不得不避开马列主义这个名词，‘科学的世界观’就是辩证唯物主义”。这就清楚地告诉我们，辩证唯物主义和历史唯物主义不在同一个层次。也就是说，辩证唯物主义和历史唯物主义不能并列，历史唯物主义是辩证唯物主义下面的一个层次。钱学森把马克思主义哲学（辩证唯物主义）作为现代科学技术体系的最高层次，这就坚持了马克思主义哲学中辩证唯物论这一永恒性的思想内容，进一步确立和提高了马克思主义哲学的指导地位和作用。

在确立了马克思主义哲学的核心即辩证唯物主义之后，钱学森就开始提出十一大科学技术部门通往辩证唯物主义的桥梁。他认为每一个大部门到马克思主义的核心辩证唯物主义，都有一架桥梁。自然科学到辩证唯物主义的桥梁是自然辩证法，社会科学到辩证唯物主义的桥梁是历史唯物主义，数学科学的桥梁是数学哲学，或者叫元数学，系统科学的桥梁是系统论，思维科学的桥梁是认识论，人体科学的桥梁是人天观，地理科学的桥梁是地理哲学，军事科学的桥梁是军事哲学，行为科学的桥梁是社会论，文学艺术的桥梁是美学。

十一个部门通过各自的桥梁学科，与马克思主义哲学沟通起来。辩证唯物主义通过这十一架桥梁指导十一个科学技术部门，十一个部门又通过这十一架桥梁，用自己的发展成果，去丰富和发展马克思主义哲学。如果离开这十一架桥梁学科，就会割断马克思

主义哲学与各部门具体科学的联系，使各门具体科学失去正确的世界观和方法论的指导，也会使马克思主义主义失去生命活力的源泉。

新世纪开元之际，北京大学哲学系黄楠森(曾任北京大学哲学系主任、中国马克思主义哲学学会会长)教授在《钱学森与辩证唯物主义》一文第一节就指出："在这世纪之交，我国马克思主义哲学——辩证唯物主义与历史唯物主义的命运受到了广泛的关注，许多哲学家或在会议上发言，或写文章，来反思它的过去，考察它的现在，展望它的未来。人们发表了十分分歧的意见，其中不乏根本否定马克思主义哲学，特别是辩证唯物主义世界观的观点，辩证唯物主义世界观几乎成了许多观点围攻的中心。他们把辩证唯物主义与历史唯物主义叫作正统的或官方的马克思主义哲学、传统的即非现代的马克思主义哲学、讲坛哲学、教科书哲学、教条主义哲学、僵化哲学体系等等。他们立论的根据是什么呢？概括起来，大致有这样几点：①辩证唯物主义不是马克思主义哲学。他们认为马克思没有称自己的哲学为辩证唯物主义，有的人认为辩证唯物主义是斯大林的哲学体系，有的人承认它是恩格斯的哲学和列宁的哲学。②辩证唯物主义已经远远落后于时代的发展。他们认为辩证唯物主义是19世纪末期和20世纪初期的哲学，现当代西方哲学也有了很大的发展，比较起来，现当代西方哲学是与同时代的发展相适应的，而辩证唯物主义和历史唯物主义是与时代的发展格格不入的。③哲学不是知识，不可能成为科学，而是个性化的思想意识。"

针对上述情况，黄楠森教授坚定地指出："近年来，确切地说十多年来，我就在从事这一工作。一方面同我认为是错误的观点争论，一方面反省辩证唯物主义和历史唯物主义本身原有的缺点和问题，分辨它的观点哪些是正确的，应坚持，哪些过时了，应改变或否定，以便在条件成熟的时候建构马克思主义哲学的新形态。在这过程中，我对钱学森的哲学思想，特别是他对辩证唯物主义的态度和观点，有所了解。他的思想使我受到极大的鼓舞和启发。他并没有参与哲学界的争论，没有全面回答和分析那些否定辩证唯物主义世界观的观点，但他的思想确实对那些否定辩证唯物主义世界观的观点，特别是对辩证唯物主义过时论，从科学技术革命的角度，筑起了一道难以超越的铜墙铁壁。"

五、钱学森的马克思主义哲学研究观给我们的启示

历史在前进，认识在深化，马克思主义哲学必须发展。马克思主义哲学怎样去发展？钱学森提出了现代科学技术体系的构想，他的马克思主义哲学研究观给我们的启示有以下几点：①要有发展的观点。钱学森认为，现代科学技术体系的一个重要特征，就是开放和不断生长发展的。人类的社会实践就是这样，先形成经验知识，这是前科学，然后上升到科学，再一步步上升，最后概括为马克思主义哲学。钱学森强调说："我感到当前马克思主义的哲学研究应该把大约一百年来现代科学技术，包括自然科学、数学科学、社会科学、技术科学和工程技术的极其丰富的成果加以提炼，用来发展马克思主义哲学。"(《自然辩证法、思维科学和人的潜力》，《哲学研究》，1980年第4期)对待马克思主义哲学，我们要树立发展的观点。要发展，首先就要吸取、反映、概括科学技术的新成果。②要有创新的观点。发展的概念总是同创造性分不开的。发展，意味着一种创新，而创新就必然

在某个方面有所否定、有所变革、有所前进。如果什么都没有改变，那就谈不上什么发展。对哲学的发展来说，当然是指理论上的创新。理论的创新自然就要表现为理论的内容或形式的变化。钱学森正是从马克思主义哲学的内容或形式上探求变革的，他的这种创新精神，正是发展马克思主义哲学所需要的。③要有“问题”的观点。发展和创新，主要是为了解决存在于理论中的某些问题。我们只能在存在问题的地方去实行变革，在不足的地方去进行补充。钱学森正是以存在问题为基础，提出了现代科学技术体系的构想。针对我国哲学界存在的两种情况：一方面，一些自称为马克思主义的哲学家，并没有把科学技术的新成果用来丰富和深化马克思主义哲学，往往反而错误地去批判这些新的科学理论，说它们是反马克思主义的。另一方面，也有部分科技工作者不承认马克思主义哲学的基本原理对科学技术工作的指导意义。钱学森为此提出“同全部科学技术相结合的哲学才是马克思主义哲学”的观点和新的体系观，就是为了有效地纠正和克服上述两种不正确的认识。④要有普及的观点。哲学理论的普及和运用是哲学发展的必由之路和重要环节。我们现在讲哲学发展，决不是也绝不可能把马克思主义哲学当作所谓“过时的旧哲学”抛弃，另外创立什么非马克思主义的“新哲学”。钱学森反复强调，我们是社会主义国家，我们的一切是党的领导。因此，我们的科学技术发展必须要用马克思主义哲学来指导。我们应当学习一点马克思主义哲学，这是法宝、尚方宝剑，你不学这个东西是要吃亏的。他在《智慧的马克思主义哲学》一文中说：“要从高中开始进行马克思主义哲学的教育；在高等院校除了深化马克思主义哲学的教育外，还要讲现代科学技术体系，使学生开阔眼界，高瞻远瞩，也就能更好地领悟马克思主义哲学。”只有坚持马克思主义哲学理论的普及和运用，才能坚持哲学发展的正确方向。

第二章 钱学森哲学思想和哲学体系

基于对马克思主义哲学基本特征的理解,以及对世界科学技术现状的研究,钱学森运用系统科学的观点与方法,逐步形成了一个现代科学技术体系与马克思主义哲学的整体构想。他将整个体系从纵向分为三个层次,最高层次是马克思主义哲学,也就是辩证唯物主义,最下面的层次是现代科学技术十一大部门,其间通过十一架"桥梁"把马克思主义哲学和十一大科学技术部门联系在一起。从横向来看,十一大科学技术部门是:自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、文艺理论、军事科学、行为科学、地理科学、建筑科学。其中每一个科学技术部门过渡到马克思主义哲学的"桥梁"是:自然辩证法、历史唯物主义、数学哲学、系统论、认识论、人天观、美学、军事哲学、社会论、地理哲学、建筑哲学等。这十一架"桥梁"分别概括了十一大科学技术部门中带有普遍性、原则性、规律性的东西,即各门科学技术的哲学,因此,也可以把它们共同作为马克思主义哲学的内容和基石。

一、钱学森哲学体系——"十一架桥梁和一个核心,共同构成马克思主义哲学体系"

回首20世纪的西方哲学历程,人们会惊讶地发现这里出现了一条颇具"戏剧性"的轨迹:20世纪的西方哲学以要求进行"伟大转变"的呼唤开始,在进行了历史性的"哲学转向"(语言学转向)的自信中前进,最后却在"危机"声中走向了末叶。有人从另外的角度对20世纪的西方哲学进行了考察,认为整个20世纪的西方哲学都是在危机中度过和为摆脱危机而进行努力的。与哲学史上的创造、发展时期相

比,20世纪的西方哲学并没有产生综合各种文化形态的体系,没有一个独领风骚的派别。一个个哲学流派的兴衰枯荣,一批批哲学家熙来攘往,构成一幅幅扑朔迷离的场景,斑驳陆离的学说透露出内容的贫乏与重复,新颖时髦的语言掩盖不住模仿的陈旧痕迹,以至罗蒂借用一句很时髦的行话描述哲学的场景:"我们每一个人都是5分钟的明星。"

王东同志著《辩证法科学体系的"列宁构想"》(中国社会科学出版社,1989年)一书中说,建立马克思哲学体系,马克思、恩格斯作了第一次伟大尝试;狄茨根作过第二次尝试;列宁的哲学笔记是第三次伟大尝试,都未成功。斯大林搞得更不好,从哲学上讲,许多东西批错了。中国革命远比苏联十月革命要复杂得多,中国革命形成的毛泽东思想,在处理许多错综复杂问题上确有独到之处。我认为钱学森的哲学思想和他所构建的哲学体系,完全可称得上也是建立在马克思主义哲学体系的一次尝试,也可以说是一次有成功希望的尝试。

关于哲学体系,钱学森提出"十一架桥梁和一个核心,共同构成马克思主义哲学体系"的建构设想。他认为,在现代科学技术体系中,自然辩证法、历史唯物主义、数学哲学、系统论、认识论、人天观、美学、军事哲学、社会论、地理哲学、建筑哲学等十一架"桥梁"都是马克思主义哲学的基础部分,它们和马克思主义哲学的核心——辩证唯物主义一起,组成马克思主义的哲学大厦。也就是说,十一架桥梁和一个核心,共同构成马克思主义哲学体系。我们知道,马克思和恩格斯并没有为他们所创立的哲学制定出完备的理论体系。现在人们"公认"的哲学体系,是从"教科书"上来的,而现行的教科书,就其体系和内容来说,是在20世纪30年代到40年代形成的,又经过50年代到60年代的发展而定型的。这正是国际共产主义运动风云变化的年代。教科书就是这一段曲折复杂的历史斗争的产物,所以它又有自己的特殊性质和局限。钱学森提出新的哲学体系的建构设想,对于在新的历史条件下探索和把握马克思主义哲学体系,有着十分积极的意义。

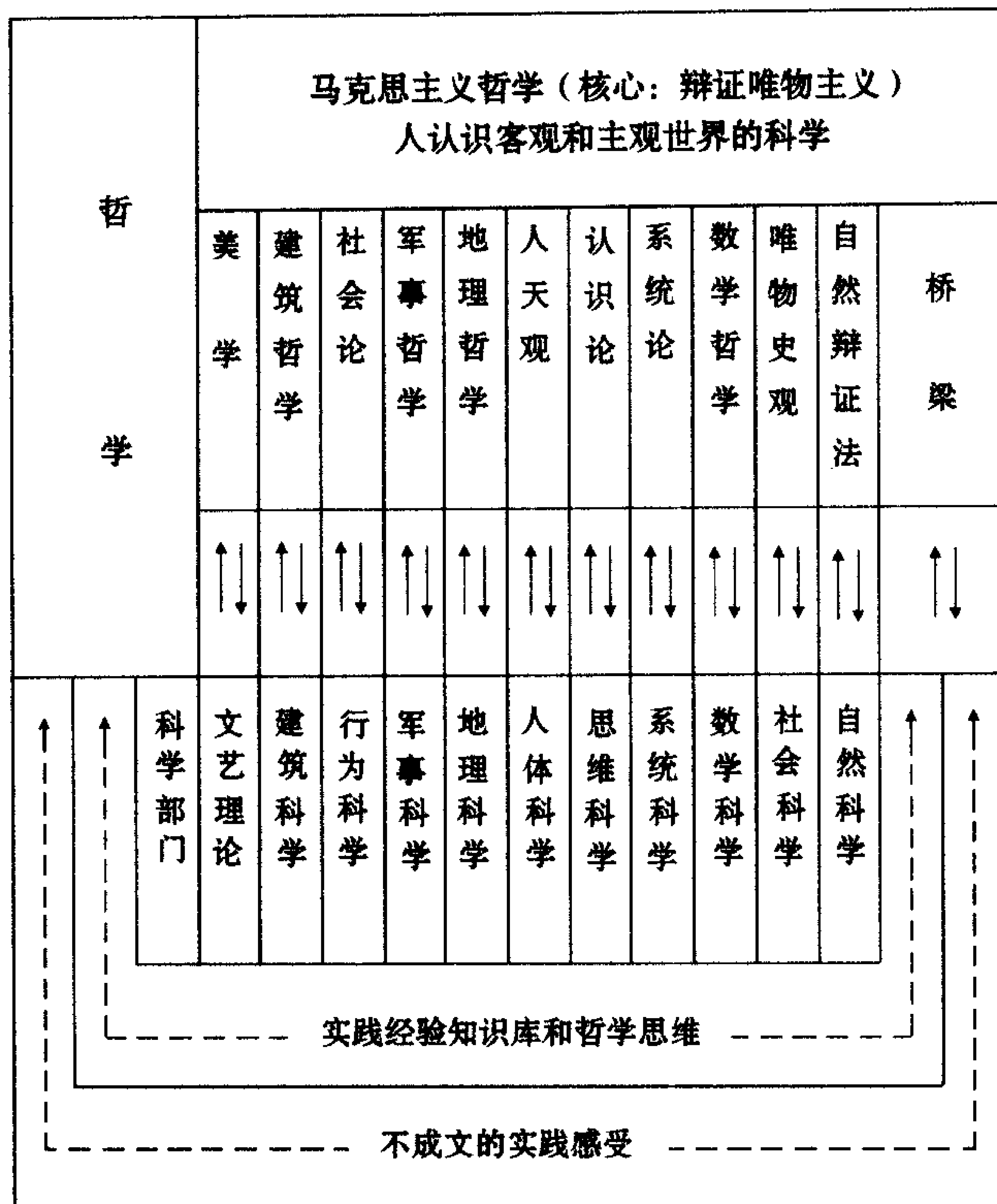
与西方古代那种包罗万象,作为知识汇总的哲学相比,钱学森的哲学体系在专业化方面大大前进了一步。钱学森的哲学观点是很深奥的,他继承了马克思主义的哲学观点和辩证唯物主义,又在当代科学发展的系统论(开放的复杂巨系统)、信息论、控制论、耗散结构、协同理论、突变理论、混沌学、复杂理论等的基础上,在当代高新技术、航天技术、计算机技术等的基础上,在当代可持续发展理论、中国特色的社会主义理论等的实践基础上,发展了马克思主义哲学观。因此,他认为现代科学技术的每一个大部门,都应有一座通向马克思主义哲学的"桥梁科学"。

所谓"桥梁"有两层意思:一方面现代科学技术大部门要在马克思主义哲学的指导下,也就是要用科学的世界观和方法论去认识世界、改造世界,并在实践中检验我们理论的正确性,从实际出发,实事求是地发展现代科学技术。另一方面,钱学森认为:马克思主义哲学是"人认识客观和主观世界的科学",它是"人类一切实践经验的最高概括"。马克思主义不是无源之水,无本之木,它是扎根于科学技术中的,是以人的社会实践为基础的,它是要随着人类的社会实践和科学技术的发展,也会通过这些哲学桥梁的总结、提升、丰富、发展马克思主义哲学。

从钱学森哲学思想的形成和架构的现代科学技术体系图,不难看出钱学森的哲学体

系（见表2－1）。

表2－1 钱学森哲学体系



1. 自然辩证法

自1925年苏联将恩格斯的四份遗稿冠以《自然辩证法》的书名，以德文和俄文对照的形式出版以后，自然辩证法作为一个研究领域，在许多国家广泛出现。近30年来，这一领域的研究在中国也发展迅速。然而，迄今为止，对于自然辩证法学科体系自身建设的许多基本问题，自然辩证法工作者在理论上尚存在着严重的分歧和争论。有学者统计，目前关于自然辩证法的定义不下二十余种之多，其中，钱学森的观点就是最具代表性的一种。

钱学森认为，按照恩格斯的原意，自然辩证法就是指自然界的辩证法，主要讲物质世界的运动，讲认识自然界发展变化的哲学问题（《钱学森同志谈自然辩证法等问题》）。因此，它就是辩证唯物主义的自然观（《自然辩证法、思维科学与人的潜力》），是"研究物质和时间、空间，物质在时间、空间中的结构的一门学问"（《现代科学技术的体系与知识》，在中央党校作的报告，1986年）。这种观点认为，科学技术与社会的关系以及科学技术的组织等问题，属于科学学的内容，而科学学则属于社会科学领域。至于科学研究的方法，则属于思维科学领域的技术科学层次。研究这些问题固然重要，但重要的问题不一定要以自然辩证法的名义来研究。

"现在的问题是许多中国人喜欢跟外国人跑，起先不知道什么叫复杂性，一听说外国

人在搞所谓复杂性研究，就满城风雨都是复杂性。我看我们这个复杂巨系统理论比外国人的复杂性理论高多了，因为我们这个理论体现了马克思主义哲学思想，我们把自然科学与马克思主义结合起来了。中国的问题在于，搞自然辩证法的就搞自然辩证法，搞科学研究的就研究科学，两个不达边，各说各的。我觉得搞自然辩证法与搞自然科学工程技术的要团结起来。一方面，自然科学、工程技术的成果要吸取到自然辩证法里，来深化并发展自然辩证法，而自然辩证法又一定要作为工程技术和科学研究的指导。"(《创建系统学》,50 页)

20 世纪 70 年代末，我国出现了自然辩证法热，一时间自然辩证法似乎无所不包。就是在这样的背景下，钱学森从恩格斯的原意出发，对自然辩证法的研究范围作了明确界定。他说："我想最好还是读一下 1873 年 5 月 30 日恩格斯致马克思的信(《马克思恩格斯选集》第 4 卷，第 407 ~ 409 页)和《自然辩证法》(手稿)。在这封信里和《自然辩证法》正文里，恩格斯讲的内容只是辩证唯物主义的自然观，也就是用辩证唯物主义来观察自然界。再具体化就是物质和运动之不可分离，即物质是运动着的物质，而运动是物质的运动；再进而分析物质运动的不同层次以及层次之间的过渡，由此讲到科学的划分。""至于《自然辩证法》中还有《札记和片段》，其中讲到科学史，具体的学科，我认为应该理解为恩格斯写作时的准备工作，不能就认为是正文，不是一定要纳入《自然辩证法》的。因而科学技术史，科学技术体系学也不一定非要作为自然辩证法来研究不可。""认识论和方法论也不宜归入自然辩证法。"

同时，钱学森还明确指出了自然辩证法作为一门学问在整个现代科学技术体系中的位置。他说，"在恩格斯的时代，为了建立马克思主义的哲学，必须吸取人类从全部实践，包括生产斗争、阶级斗争和科学实验的经验，精练概括；这当然要涉及自然界的辩证关系和社会的辩证关系。这就造成一种习惯，好像马克思主义哲学包括三个组成部分：辩证唯物主义、历史唯物主义和自然辩证法。但到了今天，马克思主义哲学已经确立了，我们应该把它的总论明确为辩证唯物主义；辩证唯物主义要指导自然科学和社会科学的研究，也要从自然科学和社会科学研究的新成果中吸取营养，不断丰富和深化马克思主义。辩证唯物主义……这种交流要通过两道桥梁，一道桥梁是自然辩证法，是对自然科学的；另一道桥梁是历史唯物主义(社会辩证法)，是对社会科学的。不喜欢叫桥梁，称分论也可以。总之，辩证唯物主义与历史唯物主义和自然辩证法不应平列，后两者在辩证唯物主义下面一点，而且它们又各有自己联系的一类科学技术。"

钱学森对自然辩证法的研究提出了自己的建议：因为我们知道自从恩格斯写《自然辩证法》(手稿)之后，自然科学已经出现了飞速的发展。相对论和量子力学早已确立而代替了经典力学；物质运动的层次，从客观世界也扩展到了星系、星系集和星系集的集团等新的层次。自然辩证法工作者和自然科学工作者本应携起手来，共同开发这块广阔的新园地，正好加深我们对物质运动层次无穷的基本认识。

恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》中，概括了自文艺复兴以来 300 多年自然科学的发展历史。他本人把自然科学和马克思主义哲学联系起来，这就是他多年要写的《自然辩证法》的目的。在给马克思的一封信中讲清楚了，他要把辩证唯物

主义用到研究自然科学上，另一方面，他要把自然科学研究成果，用来解释、深化、丰富辩证唯物主义。

在一个世纪以前所做的，就是自然科学认识客观世界的这一部分学问，使自然科学从自然哲学中脱离出来了，形成了自己的一个完整的体系。在这个体系中，提出了自然辩证法，用钱学森的话来讲，就是建立了一个通向马克思主义哲学的桥梁。

1985 年 9 月，钱学森在一次谈话中指出：关于自然辩证法的内容，现在有争论，我不同意于光远同志的看法，他认为自然辩证法是多门学科的学科群，我觉得不能那么看，我认为还是应该按照恩格斯的说法。恩格斯在开始构思他的自然辩证法时，曾给马克思写过一封信，向马克思谈了自己的想法。他说："物质世界、物质世界的运动、物质在时空中的运动、物质运动的层次、不同物质运动层次之间的联系，这就是自然辩证法的内容。"(《科学的艺术与艺术的科学》，118 页）我认为恩格斯关于自然辩证法的概念是明确具体的，范围也是清楚准确的。随着现代科学的发展，我们对它只有深化的任务，而没有泛化空化的必要。

2. 唯物史观

1985 年，钱学森在一次谈话中指出："这几年，我听到这样一种说法，认为辩证唯物主义与历史唯物主义是并列的，我就很纳闷。列宁在《卡尔・马克思》一文中就说过，马克思、恩格斯为什么研究社会现象、建立历史唯物主义观？他们这样做，是为了用大量的社会历史现象的事实来说明辩证唯物主义的正确性。我觉得列宁的这种说法是对的。世界上的一切理论，都是一层一层地概括的，到了最高层次就是哲学，就是人认识客观世界、改造客观世界总结出来的最高的原理、最有普遍性的原理。这种最有普遍性的原理就是马克思主义哲学的核心，就是辩证唯物主义。这是很简单的道理，这种辩证唯物主义的基本原理是谁也不能违背的。"(《科学的艺术与艺术的科学》，111 ~ 112 页）

任何人都是历史的，谁也不能逃离历史的局限性。因此，一种看待事物的态度是不是客观的，一个研究结论是不是客观的，并没有一个永恒的标准。在没有永恒标准的情况下，我们只能用一些临时的标准。任何标准都是临时的，所以我们对它要永远保持一种批判性。有了批判性，客观性就不至于僵化而走向反面。没有批判精神，就难以保证对待事物的客观态度。这是钱学森作为科学家来说用马克思主义精神（主要表现在认识社会现象的过程）对历史唯物主义的基本思想。

3. 数学哲学

数学是一门横断科学。钱学森提出数学是一个独立的科学大部门，数学哲学是数学科学通往马克思主义哲学的桥梁。关于数学的研究对象问题，恩格斯在《反杜林论》中曾有论断："纯数学的对象是现实世界的空间形式和数量关系。"他在《自然辩证法》中又说："数学是数量的科学"、"数学——一种研究思想事物（虽然它们是现实的摹写）的抽象科学。"恩格斯这些精辟的论断强调了数学与其他科学一样绝不是与客观世界无关的纯粹主观世界的产物。从根源上讲，数学归根到底是现实世界的空间形式和数量关系的反映与摹写，但这种摹写一般说来不是直接的而是间接的。数学研究的是现实世界空间形式和数量关系被抽象化了的形式，即恩格斯所说的"一种思想事物"。

数学哲学这一门学问，是客观存在的，过去就有的。西方国家哲学界一般采用“数学哲学”的名称，苏联则称为“数学中的哲学问题”。我国原先沿用《自然辩证法》的思路，采用“数学辩证法”的名称，但用“数学哲学”称呼这门学问在我国钱学森是首创。他向已故现代著名数学家苏步青院士请教这个问题时，苏步青院士称“元数学”，而国内还有一些学者命名这门学问为“数学学”，近年来才逐渐普遍改称为数学哲学。数学哲学、元数学、数学辩证法、数学学、数学中的哲学问题基本上指的是同一门学科，或许侧重点各有不同。

数学哲学究竟是什么？迄今学术界仍是众说纷纭，尚无统一的界定。从一般意义上讲，在数学和哲学发展到一定阶段，从哲学角度对数学进行理论考察而形成的知识体系，就是所谓数学哲学。然而，更进一步的分析表明，对于什么是数学哲学，仍然存在着较大的分歧。著名辞书《简明不列颠百科全书》把数学哲学定义为“由数学中分化出来的、处理各种假设的一门学科。”美国数学史家伊夫斯宣称：“数学哲学本质上是一种尝试的再构造；对历代积累的无秩序的一堆数学知识，给予一定的定义或秩序。”我国一些学者认为，数学哲学是研究数学理论、概念、数学发展中的哲学问题的学科。钱学森赞同数学的哲学理论基础是质和量的对立统一，质和量的互变理论的观点。也就是说数学科学是从质和量的对立统一，质和量的互变的着眼点或角度去研究整个客观世界的。质和量的对立统一，质和量的互变是数学科学的特征。数学哲学是数学科学通往马克思主义哲学的桥梁。建立数学哲学这门学问，应该从数学科学的方法论、从数学科学的历史发展进一步深化其概念、丰富其内容。人们知道，现代科学技术不管是哪一个部门都离不开数学，离不开数学科学的一门或几门学科，所以数学科学是研究整个客观世界的。因此，我们可以这样来表述：数学哲学是对数学知识的哲学分析、哲学综合、哲学构造，是通过数学理论与哲学思维的中介导体。

作为数学哲学概括的对象，是客观世界的数量关系与空间形式在人们头脑中形成的数学概念、理论知识。作为数学哲学的研究视角，是直接蕴藏在数学之中的哲学问题，从而成为一般哲学领域中的具体形态。所以，数学哲学的研究对象是数学及其发展史，研究它们的哲学侧面，对数学的理论成果和历史演进作深入的哲学概括，从而把握数学概念的底蕴，理顺数学历史的线索，认识数学发展规律，预见数学未来的图景。总之，数学理论及其历史是数学哲学劳作的原材料，是数学哲学家辛勤劳动的客观对象；对其进行加工、制作的生产工具是哲学理论与哲学方法。此外，数学哲学的研究对象显然还要包括与数学有关的逻辑学、计算机科学和科学哲学等广泛的领域。数学哲学的范围，将随着数学和哲学的发展而拓展和丰富。

关于数学的真理性问题，对于现在的数学家来说问题不在于结论是不是真理，而在于选择适当的结构。选择结构也不是完全随意，没有标准。哪些结构要增加，哪些结构要修改，信息仍来自科学实践。这就好比，当一个顾客到裁缝那里定做服装时，顾客可以指责尺寸错了，颜色错了，布料错了，等等。一旦服装设计不针对具体的人，就没有对错问题，只有选择问题。这里有各式各样的服装，甲不合适的那种服装，说不定是乙最喜欢的呢！如果裁缝以此为理由而随心所欲，不调查体型、不研究心理、不适应潮流而乱做一

气，那也只有关门。数学家把结构作为研究对象，好比是不再单为固定的顾客加工服装了，他面向普遍的需要，他占领广大的市场。

钱学森也曾这样谈到："数学是一种方法。以前我不知给多少人讲过是一种非常重要的工具。数学本身的意义应该让数学家自己去讲，对于我们这些运用数学的人来讲，数学是一种十分重要的工具。不过，数学不能改变正确与错误。你原先是错误的概念，再用数学也正确不了；你原先是正确的东西，如果不用数学，无非是慢一点，但终究还是正确的。总之，数学仅仅是一个工具。用了一种更好的工具，可以使你的工作顺利一些，迅速一些，省力一些。"（《科学艺术》，122 页）

数学是开启一切科学大门的钥匙。尤其重要的是，数学不只是一种使用工具，而且是一种科学思维。在很大程度上，周密思考就是周密计算，善于筹划就是善于计算。计算的结果是对现实问题内在规律的反映，计算的过程对于培养尊重科学、尊重规律的良好习惯，锻炼精准的分析能力、缜密的思维方式、严谨的工作作风，有着极其重要的作用。一个人的数学素养，直接影响到他的职业能力。

4. 系统论

钱学森在《用马克思主义哲学来指导系统科学的工作》一文中，对系统科学进行了哲学概括："系统科学的哲学概括，就是系统论。"

钱学森指出："这个系统论不是普通所说的三论。三论，它们所指的是一般系统论，这是冯·贝塔朗菲提出来的，写过书；还有就是信息论，这实际上是美国科学家仙农开始提出来的；后来再有就是维纳的控制论。实际上这所谓的三论都是组成系统科学里面的基础科学——系统学的一部分。而我所说的系统论是系统科学的哲学，是更高一层次的东西……既不是整体论，也非还原论，而是整体论与还原论的辩证统一。"（《人体科学与现代科技发展纵横观》，404～405 页）

钱学森进一步指出："系统论是整体论和还原论的辩证统一。"（《人体科学与现代科技发展纵横观》，362 页）研究系统不要还原论不行，只要还原论也不行；不要整体论不行，只要整体论也不行。不用还原论我们就了解不了事物局部的精细结构，我们对整体的认识只能是直观的、猜测性的、笼统的、缺乏科学性的。没有整体论观点，我们对事物的认识只能是零碎的，只见树木，不见森林，不能从整体上把握事物、解决问题。科学的态度是把整体论和还原论辩证地结合起来。

古代科学的方法论本质上是整体论，强调整体地把握对象。古代的整体论是朴素的、直观的，没有把对整体的把握建立在对部分精细了解之上。近四百年来科学遵循的方法论是还原论，主张把整体分解为部分去研究。随着以还原论作为方法论基础的现代科学兴起，这种整体论不可避免地被淘汰了。

从近代科学到现代科学，培根式的还原论发挥了重要作用，特别是在自然科学中取得了巨大成功。还原论方法是把一个事物分解成部分，认为部分都研究清楚了，整体也就清楚了。还原论的一个基本思想是，相信客观世界是既定的，存在一个由所谓"宇宙之砖"构成的基本层次，只要把研究对象还原到那个层次，搞清楚最小组分即"宇宙之砖"的性质，一切高层次的问题就迎刃而解了。但是现在人们看到，认识了基本粒子还是不能

解释大物质构造，知道了基因也回答不了生命是什么。这些事实使科学家们认识到"还原论的不足之处正日益明显"（戴汝为主编，《复杂性研究论文集》，1999 年）。这就是说，还原论的方法是由上往下分解，研究得越来越细，这是它的优势方面。然而，用这种方法时，由下往上回不来，回答不了整体问题，系统整体性并不是这些组成部分的简单"拼盘"。这就是它的不足方面。所以，仅靠还原论还不够，不能解决由下往上的问题，也就是复杂性研究中所说的涌现 emergence 问题。著名物理学家李政道曾讲过："我猜想 21 世纪的方向要整体统一，微观的基本粒子要和宏观的真空构造、大型量子态结合起来，这些很可能是 21 世纪的研究目标。"（李政道，《新世纪微观与宏观的统一》，《科学世界》，2000 年第 1 期）这里所说的把宏观和微观结合起来，就是要研究微观如何决定宏观，解决由下往上的问题，打通从微观到宏观的通路，使宏观和微观结合起来。

托弗勒说："当代西方文明在把整体分解为部分，分解为最细小的成分这一技巧上，已达到异乎寻常的高度。我们在某些方面也是成绩斐然，以至常常忘记把被分解的部分组合为一个原本由它们构成的统一体整体。"

20 世纪 70 年代兴起的那股系统热中，哲学家特别是自然辩证法工作者是一支重要力量，取得许多成果。一方面由于贝塔朗菲的《一般系统论》和维纳的《控制论》带有明显的哲学含义，加上信息问题本身具有深刻的哲学含义；另一方面是由于哲学家的误解，国内学术界倾向于把系统论、控制论、信息论并列，都作为哲学理论，简称"三论"，后又出现"新三论"的说法。这是当时系统研究中的一种混乱认识，且是中国的土特产。钱学森旗帜鲜明地反对这种提法，反复论证"'三论'的统一，统一在'系统'"，指出控制论、信息论是具体科学而非哲学，系统论是哲学，它们不属于同一层次。他把系统论界定为系统科学通向马克思主义哲学的桥梁：一方面，"马克思主义哲学是通过这个桥梁来指导系统科学的工作"；另一方面，"系统科学工作的实际得到的经验又概括总结起来通过这个桥梁来深化发展马克思主义哲学，这个桥梁就是系统科学的哲学"。系统论是系统科学体系中一个不可缺少的层次，系统论没有建立起来之前，系统科学的体系就不完整；没有系统论的指导，系统科学发展将受到制约。所以，无论发展系统科学，还是发展马克思主义哲学，都要重视研究系统论。

在当今世界，对系统研究进行哲学概括的大有其人，形成系统哲学、系统主义等诸多流派，但钱学森的指导思想与他们有原则的不同。第一，明确宣布系统哲学必须以辩证唯物主义为指导。第二，研究系统科学哲学的重要目的之一是利用系统科学成果来深化和发展马克思主义哲学。第三，鉴于西方系统哲学家的哲学概括常常脱离系统科学的实际发展，直接对实际生活中的系统现象进行哲学分析，思辨性太强，从而主张哲学概括要建立在系统科学的实际成果上。对此，钱学森早有发问："第三个台阶，系统学还没有搞起来，就要跨第四步了。稳不稳啊？摔不摔跤子？"

钱学森倡导的系统论作为一种哲学分论，它本身也是一个理论系统，由不同的子系统（子科学）组成，它有特定的研究对象。内容丰富的子科学至少包括：系统科学辩证法，系统科学认识论和系统科学方法论三大分支。此外，钱学森的论著中还有许多关于系统概念的哲学分析，包括对恩格斯有关论述的评论和发挥。在辩证唯物主义指导下，从哲

学地阐释系统概念入手，分别论述这 3 个分支，就可能把钱学森多年来论述系统论的大量“零金散玉”科学地总结起来，初步填充系统科学体系中的桥梁部分的空白，为完善系统科学的体系迈出重要的一步。

按照钱学森关于系统科学体系的思想，系统论是系统科学的哲学概括，系统科学通向马克思主义哲学的桥梁。自钱学森提出这一观点后，人们注意到这一方面的理论空白，研究工作逐步展开。由中国自然辩证法研究会系统哲学专业委员会发起，于 1991 年 5 月在安徽合肥召开了“全国系统科学与哲学研讨会”，与会代表 57 人，提交论文近 50 篇。会议围绕系统哲学、系统科学的基础理论，系统科学的应用三个方面进行了交流。关于系统哲学，与会者认为，不应将研究停留在本体论、方法论问题上，应加强对系统认识论的研究，并强调了历史唯物论对研究系统论的重要指导意义。这次会议尽管不是一次关于作为哲学的系统论的专题研讨会，但由于它较多地关注到系统哲学方面的问题，对我国系统论的研究和发展有十分重要的意义。

1992 年 5 月，中国系统工程学会在北京召开了首次系统论学术讨论会，来自全国各地的 50 多位代表参加了会议。这次讨论会广泛地涉及系统论众多方面的问题，无论在深度上还是在广度上都有力地推进了我国系统论的发展，表明我国系统论的研究已经迈出了较大的一步。

1996 年 8 月，由中国自然辩证法研究会和西安交通大学共同发起，在甘肃举行了“全国系统科学哲学与社会学学术讨论会”，参加会议的学者近 40 人，提交论文 30 多篇。代表们对系统哲学的探索对象展开了广泛的研讨，普遍认为“系统科学哲学”这一学科名称较“系统哲学”更为恰当，主张从我国传统文化中发掘系统思想，发展有中国特色的系统研究道路，探讨了系统论的整体论与机械整体论及全息论的发展关系问题。这次讨论会反映了近年来我国系统论的研究进展，表明我国的系统论研究已有了比较深入的发展。

关于系统论的理论体系，中国人民大学苗东升教授在《系统科学哲学论纲》一文中进行了探讨，主张采用“系统科学哲学”作为学科名称。他将系统论（系统科学哲学）划分为两个层次：第一个层次是“系统观（论）”，这是作为连接哲学与系统科学的桥梁的系统论中连接哲学的一端；第二个层次，即连接科学的一端，由系统科学辩证法、系统科学方法论、系统科学认识论三个部分组成。苗东升还研究了系统观（论）、系统科学辩证法、系统科学方法论、系统科学认识论各自的研究任务。这样就初步勾画出系统论理论体系的一个轮廓，迈出了创立系统理论体系的重要一步。

应当特别介绍的是，乌杰教授的工作曾把这方面的研究推向了一个新阶段。1991 年，乌杰教授出版了《系统辩证法》，这是填补系统科学哲学空白的早期著作。1992 年他又出版了《整体管理论》，这是结合系统科学在我国管理科学理论基础中所做的开创性贡献。《整体管理论》从系统科学的整体思维出发，系统地提出了一门管理科学理论基础学科，既丰富了系统科学，又丰富了管理科学。

中国古代整体论的思想，曾创造了辉煌的中华文化。而还原论从牛顿（Nenton）开始，领了数百年风骚。钱学森将两者结合起来，提出了系统论。我们相信系统论思想和系统科学在 21 世纪一定会有更大的发展。1985 年，钱学森在一次谈话中指出：实际上，

许多自然现象、社会现象，都是有系统的、分层次的。你要分析研究这些问题，就要用系统的观点。

5. 认识论

1980年，钱学森提出开展思维科学研究，并构筑了思维科学体系，把思维科学作为现代科学技术体系的一个大的部门。“认识论”是思维科学的哲学概括，是马克思主义哲学的一个组成部分。“认识论”与马克思主义哲学的关系，犹如自然辩证法与自然科学技术的关系，是通往马克思主义哲学的“桥梁”，马克思主义哲学可以通过“认识论”这架桥梁直接指导思维科学的发展。同时，“认识论”的研究与建立也必将丰富和深化马克思主义哲学本身，这也是探讨和研究“认识论”的理论意义和现实意义。

在马克思主义哲学体系中，辩证唯物论处于这个体系的最高层，是它的核心。辩证唯物论是关于世界观的学问，它研究整个世界最一般的规律和问题。整个世界有许多领域，比如自然界、人类社会和思维等这些基本领域，研究这些基本领域里的一般规律和问题的学问，都同辩证唯物论直接联系着，带有明显的哲理性质，因而它们也就更多地属于整个哲学体系之范畴，成为这一体系之一部分。哲学与思维科学直接联系，用辩证唯物论去研究思维各具体领域或各种思维现象的一般规律和问题，便形成思维观的学问，这就是思维辩证法或者认识论。

钱学森认为：“认识论也要发展，古典的东西在它那个时代是个很大的成就，但我们不能抱住古典的东西不放。”（《关于思维科学》）

6. 人天观

人天观作为一门相对独立的学科，是钱学森首先提出来的。1982年，他根据当今科学的现状和考虑到今后的发展，认为人体科学作为现代科学技术体系的一大部门，它与哲学联系的“桥梁”就是人天观。根据钱学森的阐述，显而易见人天观的学科性质和地位。在性质上，人天观具有明显的哲学性或哲理性，它更多是属于整个哲学体系的一部分，是专门针对人体科学的那一部分。具体地说，哲学与人天领域直接联系，用辩证唯物论去研究人与自然环境的关系，研究人体科学所涉及的各具体领域的一般规律和问题，这样便形成人天观或人天论这门同自然辩证法、历史唯物论、认识论等处于同一层次的科学。1987年6月，钱学森在阐述人天观的学科性质和学科地位时指出：在人体科学中，“最高的层次就是马克思主义的哲学，它的具体化、和人体科学有关的这部分哲学，叫人天观”（《人体科学是现代科学技术体系中的一个大部门》）。

应当说，我们讲的人天观，是一种新的人天观。1982年5月，钱学森在中共中央党校自然辩证法研究班的讲话中，使用的就是“新的人天观”这一概念。这是因为，作为一门相对独立的科学，人天观虽然只是刚问世的“幼年科学”或“孩提科学”，但是关于人天关系的研究和思想，即过去一般讲的“天人观”，却古已有之。早在1984年11月，钱学森就指出：“人体科学到马克思主义哲学的桥梁是人天观。这同中医的看法一致，就是把人同环境看作一个整体。这不是董仲舒所说的‘人天感应’。”（《科学的艺术与艺术的科学》，104页）钱学森在《现代科学技术的结构》一文中指出：“把人作一个整体，把人放在整个宇宙中去研究，人要和宇宙联结在一起。这也就是新的人天观。”不言而喻，新的人天观

的提出和研究，开拓了马克思主义人天观的新领域。

现代人天观和古代“天人观”是有很大不同的，主要的不同有两点：

第一，对“天”的理解不同。古代天人观讲的“天”，既有唯物主义的理解，也有唯心主义、甚至神秘化的理解。有的把“天”看成是自然的、物质的天，按此理解。他们即使有时使用“天命”这类概念，也是被理解为一种自然的必然性。像荀子讲的“天”就是这样：“列星随旋，日月递照，四时大御，阴阳大化……是之谓天。”但是，也有不少的是把“天”作为人格神的“天”，作为能致命于人、决定人类命运的“天”，认为“天亦有喜怒之气，哀乐之心”。在这种理解下讲的天人合一，显然不是现代人天观讲的人与自然的物质关系，而是讲人要服从“天意”。如董仲舒的“天人感应”更是一种关于天人关系的神秘学说，认为天能干预人事，人的行为也能感应上天，自然界的灾异和祥瑞表示着天对人们的谴责和嘉奖。而我们讲的人天观对“天”的理解则完全是建立在唯物主义理解基础上的。

第二，对“人”的理解不同。古代天人观讲的“人”，更多的是指人类、人事，同社会观联系很密切，具有明显的政治色彩，常被用来为某种政治服务，甚至有时直接地去为某种政治服务，可以直接或间接地延伸出某种社会的政治的观点。而现代人天观的“人”，主要是指人的个体，指自然属性的人体。现代人天观本身不具政治性质。

关于人天观的学科对象与基本内容，钱学森指出，人天观是将“人和环境、人和宇宙这样一个超巨系统”为其研究的对象。他进一步提出，可将美国物理学家 R·迪克 1961 年首创、后经英国天文学家 B·卡特发展了的“人择原理”(anthropic principle)，即“人的宇宙原理”，扩展成为从人体科学到马克思主义哲学的桥梁——人天观。

人天观将人和环境、人和宇宙即人和天的相互关系作为自己的研究对象，并且在研究过程中又着重从人这个角度去研究人天关系。人天观研究中的人，主要又是人体，即人作为自然属性的个体，而不是一般讲的人类社会活动。人天观有时也研究社会(作为一种环境)对人的作用，但那主要是研究社会因素对自然人体所引起的情绪、功能态变化的作用。

人天观的研究对象之所以必须从上述几个方面去把握，这是同人天观的学科性质和任务相联系的。1983 年 11 月，钱学森明确指出：“人天观就是马克思主义哲学中具体专门针对人体科学的那一部分。”既然人天观具体专门针对的是人体科学，它的研究对象也就不能不同人体科学的问题紧密联系。

对于人天观的内容，按照钱学森的世界物质层次观，可以分为五个基本层次：宇观人天观、宏观人天观、微观人天观、胀观人天观和渺观人天观。

宇观人天观主要研究人的出现和演变同宇宙实际演化的关系。因为人作为开放的巨系统，不能不受宇宙超巨系统的制约和作用。从人的出现到演变成为今天所具有这样那样功能态的高级生命体，都是宇宙自然界自身矛盾运动的漫长演化结果。就是现代人各种功能态的发展、变化、转化，也都还直接或间接地受着宇宙各种物质的作用，诸如引力场、电磁场、粒子流以及包括太阳光在内的各种电磁波等的作用。研究宇观人天观有赖于宇宙学等科学的发展和帮助。

宏观人天观主要研究人体内部与周围直接环境的关系。它的研究素材主要来自人

体的一些特殊现象和中医理论。在这些方面的"资源",可以认为是中国的"特产"。我国有十分悠久的历史,既有前人留下的极其丰富的经验遗产和理论遗产,又有今人作出的很多新的发展。由于我们具有得天独厚的条件,我国学者在宏观人天观方面的研究,应当有理由比外国人做得更好些。

微观人天观是在微观层次上研究人天关系的学问。它主要研究人体功能态的量子认识论。这种微观人天观,最初是由量子力学的测量理论开始的。这门学问,便是量子认识论,即研究人与环境的微观理论。随着量子认识论的开展和发展,必将有利于解决微观人天观的问题。

关于胀观人天观(宇宙爆胀理论)和渺观人天观(隐秩序理论),应该说目前还是一种科学展望。随着人类对客观世界认识的不断深入和发展,它的一般性规律和问题也一定会被人们所揭示和认识,必将极大地丰富和发展人天观的内容。

关于研究人天观的科学意义。首先,研究人天观可以丰富和发展马克思主义哲学,因为人天观本身就是马克思主义哲学的一部分,人天观是联结马克思主义哲学和人体科学的桥梁。其次,研究人天观可以指导人体科学的研究,因为人天观是从人体科学中概括总结出来的哲理性科学,具有层次更高、概念的信息量更大的特点,因而它反过来能对人体科学的研究活动产生指导作用。第三,研究人天观可以促进科学体系的发展,因为现代科学技术本身就是一个具有层次结构的体系,这种体系将随着科学本身的发展而不断发展,而且是在多维空间中发展的。

7. 军事哲学

钱学森提出建立军事科学大部门。"军事哲学"是军事科学的哲学概括,是军事科学技术大部门联系马克思主义哲学的"桥梁"。"军事哲学"是关于军事领域中各种矛盾运动的一般规律的学科,是军事科学和军事实践的方法论基础。也有学者把它定义为研究战争与指导战争的一般规律的学问。

军事哲学与军事科学不同,它不研究军事领域的特殊问题,而是研究军事领域的普遍规律,研究认识战争和指导战争的普遍规律。现代军事哲学应该是马克思主义哲学在军事领域的应用。军事哲学的研究内容,学术界有两种不同的意见:一种认为,军事哲学首先要研究战争的一般规律,既把战争当作一种历史现象,研究它的起源,发展和消亡的一般规律;又把战争当作一种社会现象,研究它与政治、经济、自然、科学技术、意识形态诸因素的关系。其次是研究战争准备,即国防建设中的哲学问题。再次是研究战争过程中的哲学问题,研究战争的一般规律和指导战争的一般方法。另一种意见主张,军事哲学研究的体系分为战争观、战争认识论、战争规律论和战争方法论。战争观研究战争的历史性和社会性,研究战争的社会根源和本质;战争认识论研究如何认识战争规律问题;战争规律论研究战争的一般关系和规律,如战争的物质条件与精神因素的关系,战争中强与弱、优势与劣势、质量与数量、集中与分散、全局与局部的关系等;战争方法论是战争认识论在战争实践中的应用。它研究在战争中如何知己知彼,如何根据复杂多变的具体情况,充分发挥主观能动作用去赢得战争的胜利。

钱学森认为,第二次世界大战以来,由于军事科学技术的迅猛发展,出现了一系列新

式武器，如核武器、激光武器、气象武器、生物武器；战争的方式也发生了巨大变化，电子计算机参与了战争指挥决策，战争双方主要不再是直接的拼杀，战争的空间空前扩大了。世界新军事变革和武器的变革给军事哲学提出了一系列新的课题：①研究军事科学技术发展与战争目的之间出现的新矛盾。大规模杀伤破坏性武器出现以后，造成了两种同时存在的对立的可能性，即达到最大杀伤破坏效果和遭受同样回击的可能性同时存在，消灭对方和毁灭自己同时存在。军事哲学要研究新情况下战争的必然性与偶然性，战争的可能性与现实性，战争与政治关系的新的特点等等。②军事哲学要研究现代战争出现的新矛盾，如进攻与防守、军事思想与战争实践、知识素质与军事力量等等。军事科学技术的发展迫切要求提供新的军事哲学思想，以研究新的战争方式，指导新的战争。

8. 社会论

1985 年，钱学森提出行为科学是现代科学技术体系的一个大部门。“社会论”（或称“行为哲学”）是行为科学整个学科的哲学概括，是马克思主义哲学的一个组成部分，或者说，是辩证唯物主义的基石之一。

后来，钱学森发表了《“社会论”——行为科学的哲学概括》（《哲学研究》，1991 年第 11 期）一文，专门对“社会论”这门哲学学科作了阐述。提出了如下几点重要观点。

（1）“社会论”着重于个人与社会的相互关系。“社会论”既不是以整个社会系统为研究对象的“社会学”，也不是只研究人本身的“人体科学”，而是着重研究个人与社会相互关系的科学。①人类社会是以共同的物质生产活动为基础而相互联系起来的人们的总体，是物质世界不可分割的有机组成部分。人类社会又是一个由许多要素组成的、具有复杂结构与层次的开放的复杂巨系统，而且这个系统是迄今为止我们所认识到的最复杂的巨系统。因为社会中的人是有意识的，他的行为不是简单的“条件反射”，不是有输入就是有相应的输出；人接受信息后要思考，作出判断再行动，而这个过程又受各种条件影响，是变化多端的。所以社会系统可以称之为开放的特殊复杂巨系统。②个人是社会的人，是社会组织的单体，社会是由人组织起来的系统，是人的集体，包括人们集体创造的东西。人的社会行为动机主要是由人的本质决定的，而不是简单地由人体系统中细胞的遗传因子结构所决定。因此，国外那些“遗传工程论”者的理论是荒谬的，妄图以“社会生物学”这种 20 世纪初期行为心理学派的理论来否定“社会论”的研究也是十分可笑的。

（2）“社会论”要观察社会调控与社会发展的关系。认识与掌握个人与社会矛盾发展规律，就是为了能够及时预见广大人民群众的行为在社会经济、政治、文化发展条件下会发生什么变化，从而科学地进行调节与控制，予以正确的引导，使人们的行为更富有成效。这是“社会论”研究个人行为与社会发展之间矛盾运动规律的根本目的与核心思想。社会的自我调节与控制是社会运行与发展的需要，是社会内部固有的属性。社会生活中的各种关系通过社会行为规范的调节与控制，确定个人与社会应有的关系与行为活动。“社会论”也要研究社会调节控制与社会发展的辩证关系。

（3）要害在于阐明道德与法的辩证统一。道德与法都是调整人们相互关系、个人与社会关系的社会行为规范，它们是关系密切、不可分割、互相统一的，然而，它们又具有不同的规定性，是统治阶级进行统治不可缺少的两种手段。其主要区别是：①道德与法产

生的时间和存在的历史阶段不同。②道德与法的表现形式与实施力量不同。③道德与法调节的范围不完全一致。

如果说,马克思主义行为科学的特点是德育与法治的统一观,那么,作为马克思主义行为科学的哲学概括——"社会论"的根本任务就在于阐明道德与法辩证统一的关系。道德与法的统一性主要是:首先,在阶级社会里,一定历史时期的法律与统治阶级的道德产生的社会历史前提是一致的。归根到底都是当时社会经济状况、共同的物质生产方式决定的。其次,法律与统治阶级的道德在内容上是相互吸收、相互渗透的。法律不仅体现统治阶级道德规范的精神,而且往往直接从某些道德规范中汲取、确定为法律的内容,使道德规范具有法律效力。再次,法律与统治阶级的道德作为社会调控系统,在实施过程中,由于借助的力量与作用的范围不尽相同,但目的一致,因而往往相辅相成,互相促进,共同服务于统治阶级利益。认识道德与法的辩证统一性,对我国社会主义建设具有重要作用。

(4)掌握了马克思主义的人是最高尚的人。马克思主义行为科学的哲学概括——"社会论"是研究在开放的特殊复杂的社会系统中,个人与社会以及社会控制与社会发展的辩证关系及其规律的科学。认清个人与社会的辩证关系,便于理解社会调控与社会发展的关系,而把握社会调控与社会发展的辩证关系,也就能更好地运用行为科学指导人们的社会行动,使之与社会发展目标协调一致,促进社会的发展与完善。这两个方面是密不可分的,相互统一的。我们的目的是要真正实现中国古代哲人的理想,使每个人都有一种与天地自然为一体的恢宏博大胸怀,进入共产主义。

9. 地理哲学

地理哲学是地理科学的哲学概括,是人对人类生存环境的看法,其中一个核心问题是人生存环境已经从被动转移到主动阶段,即不是盲目地开发利用资源。今天的科学已经能够使我们认识我们改造客观环境将会有什么样的后果,是好的还是不好的,好的就利用,不好的需要采取措施加以治理。人类改造自然的实践已经证明,人可以认识客观,可以改造客观。这就是地理哲学,地理科学工作者应该有这样的思想观点,它是指导我们具体工作的思想方法。钱学森在提出"地理科学"这一概念之初,就强调指出:"马克思主义哲学是现代科学的最高概括。我们研究地理科学也必须用马克思主义哲学来指导。指导,并不是说马克思主义哲学就僵化了、凝固了、不动了、变成经典了,不是那个意思。一方面,它指导地理科学的研究,另一方面,地理科学的研究、发展又概括出地理科学的哲学,反馈到马克思主义哲学,以发展、深化马克思主义哲学。"(《创建系统学》,105 ~ 106页)

著名地理学家黄秉维院士在评论地球表层研究时指出,钱学森虽然"不是天、地、生的科学家,却是见闻甚广,博学多思的科学家。我觉得他有点像在天地生领域上回旋的苍鹰,具有搜索追击移动目标的本领,一发现目标,即疾下猎取。他不受天、地、生行业的束缚,看问题比我们株守于一个学科的人更敏锐、更准确。"黄秉维院士看到了钱学森具有居高临下的智慧,实际上就是钱学森的哲学思想。钱学森认为地理科学与马克思主义哲学之间有一门地理哲学,这门地理哲学的起点当然也是很高的。

地理学界有重视哲学思想的传统，尤其是自然地理，以自然辩证法为指导，研究自然地理辩证法的历史。但是往往是由于地理现象太复杂，研究深入不下去；各个要素之间有联系不能分割，用还原论的方法无法解决，因此，又退回到哲学的层次，用辩证唯物主义哲学解释地理现象。这样做是无法使地理学成为科学的，只能停留在哲学的层次上。钱学森的地理哲学是建立在马克思主义哲学与地理科学之间的“桥梁科学”，以开放的复杂巨系统的地理系统为理论基础，以从定性到定量的综合集成方法为手段，以国民经济总体发展为实践对象的思想作为地理哲学的核心。地理哲学的内容大致包括从天地信息一体化网络系统、人地协调系统和地理遥感信息模型的实践中提出的航天信息与地面信息辩证统一概念、社会系统与地理系统的辩证统一概念，以及集确定性与不确定性辩证统一的地理复杂方程。钱学森以普遍哲学规律指导地理哲学研究，与地理科学工作者从研究具体地理科学的对象，上升到地理哲学的研究，应该是殊途同归的。

10. 建筑哲学

建筑哲学是建筑科学通向马克思主义哲学的桥梁。建筑哲学就是要用马克思主义的世界观和方法来认识建筑，就是要用辩证唯物主义和历史唯物论的观点和方法来看待问题，就是要解决为谁服务的根本问题。钱学森说：“真正的建筑学应该研究建筑与人，建筑与社会的关系。”我国已故的著名建筑大师梁思成也说过：“建筑师的知识要广博，要有哲学家的头脑，社会学家的眼光，工程师的精确与实践，心理学家的敏感，文学家的洞察力……”（见张笛梅、杨陵康主编《中国高等学校中的中国科学院院士传略》，高等教育出版社，1998 年）

自古就有紧随社会发展的建筑，涉及面很广，各种解释建筑的说法层出不穷：建筑是石头的史书——建筑反映了历史的发展，是一定时期社会经济与文化发展的物化积淀；建筑是凝结的音乐——建筑具有如音乐一样的韵律美感，建筑艺术与其他兄弟艺术门类有着天然的密切联系；建筑是科学与艺术的结晶——建筑同时与技术和艺术紧密相关。还有许多不一而足……显然建筑是一种复杂事物，它包罗万象。建筑哲学的主要内容应该包括以下几个方面：

（1）首先是社会行为因素。人在世间万物中体现得最全面最具体最生动的创造形式莫过于为了满足对自然空间的要求而引发的建筑活动了。这种对空间的要求取决于他们各种不同的社会行为的需要，取决于生活、生产以及各种方式彼此交流的需要。社会日新月异地发展，这些需要越来越多，越来越复杂，永远不会停留在一个水平上。某些需要与需求得以实现之间始终存在着矛盾。当一种需要经过人们的努力得以实现以后，新的需要又将产生。这是一个动态的过程，如此不断相互作用才使我们有了多种类型、多种规模、不同复杂程度的建筑，并以此构成我们赖以生存的人文空间环境。这一矛盾运动永远不会停止，地球上的建筑活动才得以不断延续和发展。

社会行为需要是广义的，它不仅包括物质方面，也同时包括精神方面，既包括人们生理上的需求，也包括人们心理上的需求。因为人是作为自然人和社会人同时存在的。人们在物质上和精神上对社会行为场所的与日俱增的要求不断促进建筑的发展，这是不言而喻的。同时我们又必须看到，随着建筑的发展，创造了更多、更新、更广阔的活动场所。

它们也给人以作用,规范着人们的社会行为,甚至影响着人们的精神生活。在某种意义上讲,人们塑造了建筑,建筑也影响着人,塑造着人。

(2)其次是技术经济因素。就建筑实践而言,离开了一定的科学与技术的成果是无从谈起的,因此,可以说科技因素也是建筑重要的构成因素。建筑物总是在一定科技基础上得以实现的,当时的科学技术发展程度为进行建筑实践提供了必要的可能性。任何人也不能超越当时的技术可能性去进行建筑实践。可见建筑与科学技术紧密相连,与建筑相关的科学技术有诸多门类。随着科技发展的脚步,建筑实践有了愈来愈广阔的天地。如何结合当时当地的条件进行最恰当的选择,使建筑在最合理、最经济的状态下进行是相当重要的。因此,经济与技术成了同时要进行综合考虑的问题。

(3)第三是文化艺术因素。人总是按照美的法则去创造一切,建筑尤其如此。建筑艺术作为一种文化现象存在,体现着人类精神文明的发展程度。建筑艺术是一种空间艺术,它的必要手段和必备因素就是造型。因为造型必须存在于空间之中,所以空间艺术的本质,或者说建筑艺术的本质就是对造型存在的方式的把握,对形式美规律的把握。

建筑艺术可以像音乐那样唤起人们某种情感,建筑还可以创造出庄严、雄伟、明朗、幽暗等不同的氛围,使人产生崇敬、自豪、欢快和压抑的情绪。作为空间艺术的建筑艺术,主要依靠视觉给人以感受,但它又与绘画不同,不像绘画那样挥洒自如。它需要大量的财力和技术力量、大量的劳动力和集体智慧才能实现。它的物质表现规模之大又是绘画等造型艺术难以比拟的。

为了创造生动的室内外空间环境,建筑还常常借助于雕塑、园林、绘画等其他艺术,所以说建筑艺术还是一门综合性很强的艺术。

众所周知,文化是有地域性差异的。东西方不同,同属东方的埃及与印度也不同,中国更有着自己与众不同的风格和特色。建筑文化一方面受不同地域的自然条件的制约,另一方面也受着不同民族、不同地区的地域文化因素的影响。建筑文化的这些地域性差异反映在建筑艺术上就形成了各地区不同的建筑特色。

纵观建筑发展的历史就会发现,建筑作为一种文化,还受着诸多的意识形态因素的影响。历史的前进、社会的发展都会在建筑上留下抹不掉的烙印。建筑随着历史的变迁与时间的推移演义和变化。在演义变化的历史长河中,建筑艺术始终伴随着继承与创新这样一对矛盾。这一对矛盾运动就成为建筑艺术不断发展的内因。

我们探讨建筑哲学,不仅有助于形成自己的建筑哲学体系,而且对当前的建筑实践有着积极的意义。现在建筑业界中的一些人之所以出现滥用建筑手法以及这样那样的不正常现象等,反思起来主要还是由于他们缺乏对建筑本身的正确认识,缺乏好的建筑哲学的指导。由于建筑形式是作为建造成果的体现,因此建筑的进步和发展必然在建筑形式这个成果体现上有所反映,建筑师以及使用者、建设者关注形式是理所当然无可非议的事。但是形式作为外在的东西,应该是内在建筑要素的真实体现,以这些建筑要素的合理支撑为前提的。它们是有科学规律的东西,即使是非理性的一面也应符合建筑构成要素的运动规律与法则。所有这些都需要我们以严谨的思维去处理和对待。

任何事物的进步都含有创新,但某些创新不一定就意味着进步,对此我们必须有足

够清醒的认识。辩证唯物主义在总结哲学史上积极思想成果的基础上，指明了内容和形式相互作用，相互制约的辩证原理。内容和形式的相互促进中，内容是主要的、决定的方面。内容决定形式，形式依赖于内容，并随着内容的发展而发展，变化而变化。内容和形式作为矛盾统一体的两个方面，对立的关系是相互的。内容决定形式，同时形式也能动地反作用于内容，影响、制约着内容的发展变化。适应内容需要而产生的形式，对内容的发展起促进、加速的积极作用；和内容的客观需要背离的形式，对内容的发展则起阻碍、延缓的消极作用。

我们强调建立建筑哲学，探讨建筑内容和形式的含义以及它们的辩证关系，是为了提高建筑思想水平，摆脱旧的和新的形式主义思潮的不良影响。

我们知道，建筑是本土文化的重要载体，越是本土的就越是国际的。现代中国建筑风格不是简单的复古或崇洋，而是需要加入中国现代生活理念和最新的工艺技术。而建筑艺术的实现和其他艺术不同，每个错误都需要若干年来纠正。国内外学术界、建筑界对当代中国建筑进行反思和探讨，就显得极为重要。任何城市在发展过程中都面临着两难的抉择，是继续走传统发展的路子还是披荆斩棘另辟新路？这个问题在经济快速发展、城市建设日新月异的今天显得尤为突出。在小城镇规划设计中，人与环境的和谐相处、本土资源的充分利用、节约能源和控制环境污染等全球性问题将成为重要内容。

中国有着灿烂辉煌的建筑文化和建筑遗产。建筑在中国不仅仅意味着经济建设，同时也是文化建设，这种界定的本身，就看出社会的进步意识和政府理性考量。提倡公益性建筑艺术设计，宣传和普及建筑艺术与审美知识，提高大众审美情趣，提升国民精神素养，也包括学习国外经验，避免重复其他国家走过的弯路；注意城市的整体建筑布局，懂得保护城市的文脉，而不能随意开发、盲目追求建筑的富丽堂皇，这也是一种建筑消费价值观。

11. 美学

钱学森指出："美学是文学艺术的基本原则，是文学艺术到马克思主义哲学的桥梁。我们中国文艺工作者应该研究美学，不研究美学，就没有文艺的哲学理论，怎么来改革？""马克思主义者主张理论联系实际，理论和实践的统一。我们应该有中国自己的马克思主义美学和文艺理论。"（《科学的艺术与艺术的科学》，101 页）

钱学森讲过："文艺理论的哲学桥梁是美学。关于什么叫美，我赞成李泽厚同志的看法，即美是主观实践与客观实际的交互作用以后的主观、客观的统一。"（《科学的艺术与艺术的科学》，128 页）假如做到了这一点，那么人就感到是美的。这话听起来有点抽象，但它不是神秘的，是一定能搞清楚的。美涉及很大的范围，它不仅与社会认识密切联系，而且也同社会实践存在着千丝万缕的关系。美学有自己的研究对象。

钱学森认为，根据马克思主义的原理，美是离不开社会的，文艺是社会的产物。这一点在经典的美学著作，如普列汉诺夫在《没有地址的信》中就讲得很清楚，他反反复复地讲了这一点：美是社会的产物。比如说，在今天的社会，人生活的环境不一样，经历不一样，人的文化水平、知识、智力都不完全一样，这都影响一个人的美感。

对于文艺，我们从前认为文艺有纵的划分，比如说，小说、诗歌、造型艺术、建筑、音乐、戏剧等等，这是大家都承认的，文艺部门也就是纵的划分。但是，钱学森认为文艺还

有横的划分，是有层次的。他认为毛泽东同志在《延安文艺座谈会上的讲话》中说得很清楚，有“阳春白雪”还有“下里巴人”嘛。如果不这样认识，不考虑人的社会存在对人的美感的影响，那不符合马克思主义，也不符合大家常引用的普列汉诺夫的经典著作嘛。这在毛泽东同志的论述里面也是说清楚了的。

正是基于这样的认识，钱学森也指出了当时有些人对文学艺术的片面看法。他说：“现在有些人好像认为文艺只有大众爱好这一个层次，其他都不重视。这是单一化的看法。当然，从人数上来讲，大众的爱好是很重要的，我们抓也是对的。但不能只抓‘下里巴人’不抓‘阳春白雪’，好像没有这个高层似的，那就不对了。要在提高的指导下普及，在普及的基础上提高嘛。”（《关于思维科学》）

1986 年 4 月 18 日，钱学森在一次讲话中对美学作了深刻的阐述：“美学家对美、美学有各自不同的看法，应该允许百家争鸣。若要问我什么是美，我认为，美是主观实践与客观实际交互作用后的主客观的统一。这就要联系到人、人的意识或精神与物质的关系问题。我认为，马克思主义哲学已经科学地回答了这个问题。我们搞准了精神与物质的辩证关系，就不会错。”“从这一基础出发，美是主观实践与客观实际相互作用后的主客观的统一。我们的创造达到了这点就叫美。从这个观点也可以解释，为什么美的爱好、艺术的爱好会不一样，这是因为主观的实践不一样，人和人的实践不一样，包括不同民族、不同职业、不同年龄、不同经历、不同教育程度、不同生活习俗、不同文化程度……不说知识分子与体力劳动者的实践不一样，就是每个知识分子的实践也不见得都一样。你认为美的东西他不一定认为美。人们的艺术爱好、艺术感受是千差万别的，这是我们在建设社会主义文化时，要认真加以考虑的。”“因此我觉得：第一，美学的研究是非常重要的理论基础，这不光是学术问题，是关系到我们国家社会主义建设的问题；第二，因为人民的美感是各式各样的，我们要下工夫了解人民的现状，要做调查研究，千万不要主观想象人民的爱好，而且人们的爱好总是在变化的。”（《科学的艺术与艺术的科学》，148 ~ 150 页）

二、现代科学技术发展是马克思主义哲学生命活力的源泉

钱学森提出的现代科学技术体系，涉及马克思主义哲学理论本身的许多重大问题。他对这些问题提出的新的认识和新的见解，不仅进一步论证、解释了马克思主义哲学的科学性，而且丰富了马克思主义哲学的理论宝库，给它增添了新的因素。这主要表现在关于哲学对象问题。钱学森提出了“只有同全部科学技术相结合的哲学才是马克思主义哲学”的新见解。他从现代科学技术体系结构中的 11 个部门，都是与人类科学知识的最高概括——马克思主义哲学紧密相连的这一点出发，认为把马克思主义哲学和全部科学技术组织在一起，就可以解决当前哲学界议论的一个问题：什么是马克思主义哲学的对象？他说，恩格斯早就说过，由于自然科学的兴起，“自然哲学就最终被清除了”（《马克思恩格斯选集》，第 4 卷，第 242 页）。现在由于科学技术的形成，只有同全部科学技术相结合的哲学才是马克思主义哲学，其他的所谓“哲学”也将“最终被清除了”。从这个意义上说，这就彻底解决了马克思主义哲学的对象问题。钱学森关于哲学对象的这一新见

解，对于哲学是"理论化、系统化的世界观"、"哲学是自然、社会和思维知识的概括和总结"这种传统的提法，是一个重要的补充。

钱学森是站在自然科学家的角度来审视哲学的，他清楚地看到科学与自然科学的联盟，是当前哲学发展的新趋势，并已经成为当代哲学的一大特点。如同爱因斯坦对自己的评论："像我这样的人，一生中主要的东西，在于他想什么和他是怎样想的，而不在于他做什么或者经受什么。"对于钱学森这样的杰出的科学家，同样值得关注他在想什么和怎样想的，他的哲学思想和哲学体系就是他一生都在思考的重要成果之一。

钱学森毕竟是从工程技术科学走过来的，所以他总是强调实践，强调在理论的指导下，把具体的东西做出来，即使他到了哲学层次，还是没有忘记科学技术的底蕴，这是钱学森哲学思想的最大特色。

钱学森是少数特别重视哲学的科学家之一，不仅几十年来坚持学习哲学，坚持在科学研究和科技组织管理中自觉应用哲学，而且重视和利用现代科学技术的新成果丰富和发展哲学。

哲学是关于自然知识、社会知识的高度概括和总和。自然科学是人类生产斗争和科学实验知识的结晶，是人们争取自由的一种武器。自然科学总是与同时代的哲学发生一定的关系。每一时代的自然科学都不同程度地受到哲学的影响，同样，每一时代的哲学也必然会带有自然科学的迹印。马克思和恩格斯历来重视哲学与自然科学的结合，自然科学的发展是马克思主义产生的科学基础。列宁在《论战斗唯物主义的意义》一文中提出了著名论断："战斗唯物主义为了完成应当进行的工作，除了同那些不是共产党的彻底唯物主义者结成联盟以外，同样重要甚至更重要的是同现代自然科学家结成联盟。"（《列宁选集》，第 4 卷，第 608 页）钱学森努力倡导用现代科学技术的新成果，不断深化和丰富马克思主义哲学的理念，进一步证实了列宁的科学预见。

总之，钱学森提出的现代科学技术体系的构想，促进了马克思主义哲学的发展，概括起来，主要有以下两个特点：①在马克思主义哲学具体形态上有了突破。哲学总是时代的产物，普遍的真理总要通过特定的理论形态表现出来。而哲学特殊形态具有暂时性，它总是处于变化之中。钱学森把科学技术同马克思主义哲学紧密结合在一起，并概括和升华为一种理论形态，即现代科学技术体系，这就必然会给哲学的具体形态带来更新的变化。②对马克思主义的一些基本原理和范畴作了补充和深化。马克思主义创始人并没有解决哲学中的所有问题，马克思主义哲学需要从总结当代实践和科学提供的新的事实和材料去充实、丰富、完善它的思想、范畴和原理。钱学森正是适应了这一要求，以大量材料为基础，对马克思主义哲学的某些基本原理和范畴作了新的阐发，开阔了人们的思路。

三、关于世界的本质（或本原）——宇宙物质结构的"五观"大层次

现代科学技术的发展已经取得巨大成就。今天，人类正在探索着渺观、微观、宏观、宇观、胀观五个层次时空范围的客观世界。宏观层次就是我们所在的地球，其中又产生了生命、生物、出现了人类和人类社会。钱学森在《关于马克思主义哲学和文艺学美学方

法论的几个问题》一文中指出："我们过去对于物质世界的认识，只有宏观、微观两个层次。所谓宏观，比如我们这些人，房子，地球，都属于这个层次；所谓微观，要用到量子力学，要深入到分子、原子、原子核、基本粒子这个世界。我们国家的天文学家戴文赛教授提出还有一个宇观，就有银河系那么大，10 万光年左右。目前物理学上有个苗头，发现微观世界下面还有一个层次，给它起了个名字，叫渺观。不仅如此，在宇观上面，也还有个层次……这个范围就更大，我给它起了个名字，叫胀观。所以，现在不是宇观、宏观、微观，而是胀观、宇观、宏观、微观、渺观，是五观了。"钱学森认为，这里所讲的"五观"，讨论的就是客观世界本质是什么、本原是什么的问题。物质世界客观上存在五个层次，即"五观"。其典型尺度如图 2 - 2 所示。从这个观点看，哲学家们曾提出过的所谓"本体论"就不必要了。长期以来，哲学教科书就是按照哲学主要是本体论的观点来编写的，把马克思主义哲学本体论化的结果，势必使它的内容越来越走向实证化、公式化，变成像列宁所批判的"实例总和"的理论。钱学森提出"五观"是宇宙物质结构的大层次，对清除"本体论"的影响是有好处的。

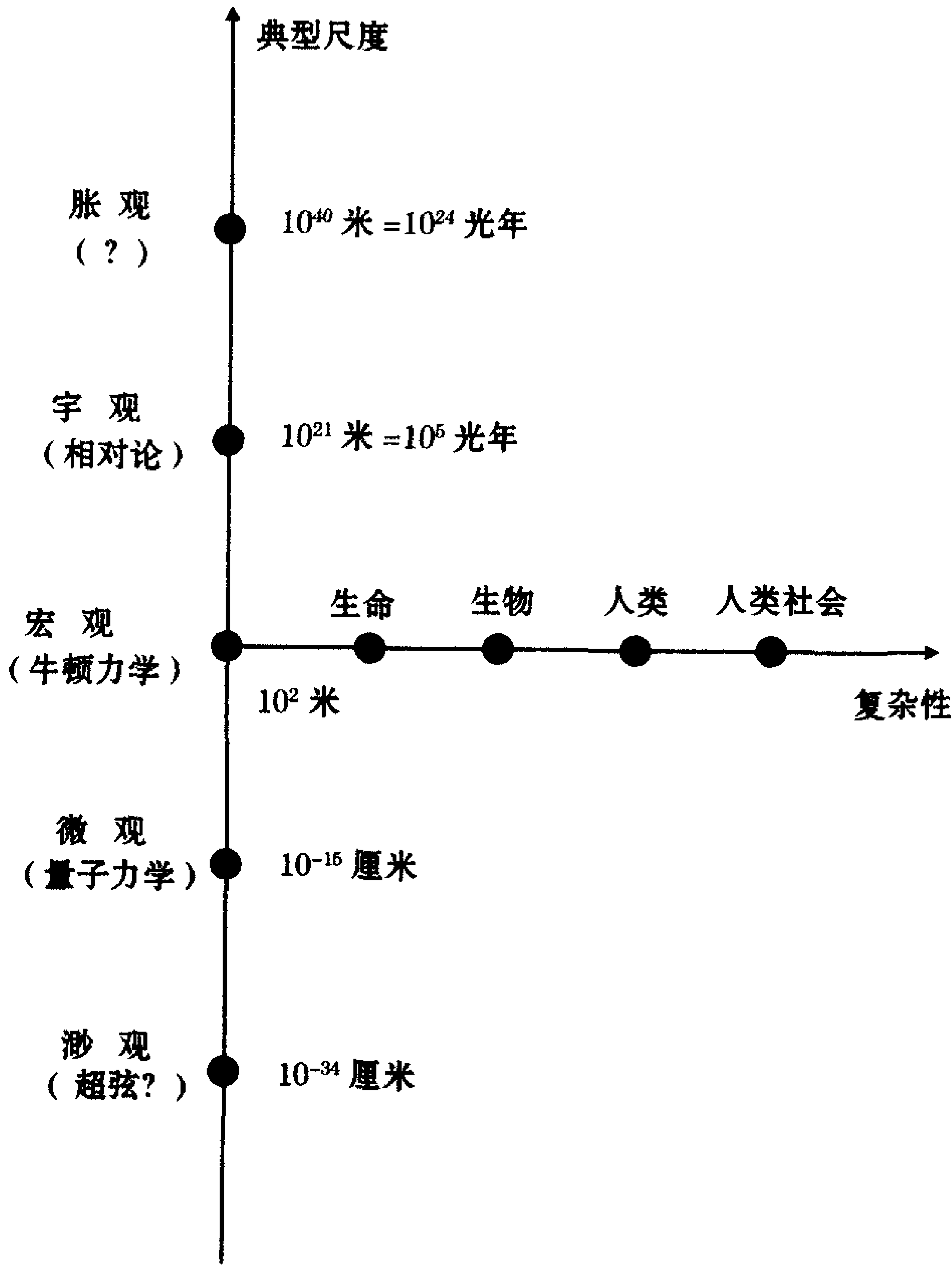


图 2 - 2　宇宙物质结构的"五观"大层次

四、钱学森哲学体系结构的客观特点

钱学森通过他的科学技术体系理论，对马克思主义哲学作出了重要的发展，他的马

克思主义哲学观具有如下特点：

(1)系统性。传统哲学的四大块模式的一个最大缺陷是没有全面概括人类全部的知识部门，而钱学森的科学技术体系把人类目前为止所有的科学部门、经验性知识和时间感受包揽无遗，马克思主义哲学通过它的根须深深地扎根在这些科学部门之中，是人类全部智慧的结晶。

(2)联系性。钱学森所划分的十一大科学技术部门不是分割的，而是所有的学科之间都是互相联系的，是一个有机整体。十一架桥梁通过辩证唯物主义这个核心联系在一起，无论是一个核心还是十一架桥梁，都是相互支持的。特别是马克思主义哲学的基本原理像一盏引导我们前进的明灯，照亮着我们前进的道路。在探索未知时，能够充分利用马克思主义哲学理论的已知部分，而一旦在某一方面有了发现，新的发现又会加强马克思主义哲学结构的其他部分。

(3)层次性。钱学森把马克思主义哲学看作一个系统，这个系统有它的层次，最高层次是马克思主义哲学的核心——辩证唯物主义，而下一个中介层次是十一架桥梁，通过这些桥梁与十一大科学技术部门相连。这样，马克思主义哲学本身也有自己的结构，构成了自己的秩序。

(4)动态性。作为最高概括的马克思主义哲学核心的辩证唯物主义，通过各条中介桥梁与各个科学技术部门紧密相连。马克思主义哲学通过这十一架桥梁指导着十一个大部门的工作，而十一个部门的科学技术发展又通过桥梁反馈到马克思主义哲学，来深化发展马克思主义。这样，一方面是马克思主义哲学指导科学技术的研究，另一方面科学技术的发展又去深化发展马克思主义，有来有往，双向作用，通过这种往来使整个科学技术和马克思主义的发展都生动活泼。科学技术则处于经验性知识和实践感受的海洋之中，随着人类认识的发展，前科学会不断地上升转化为新的科学，这些新科学又为马克思主义的发展提供了新的素材，并通过桥梁概括到马克思主义哲学中去，而马克思主义哲学通过中介去指导新的科学。马克思主义哲学是一个动态系统，会随时间的前进、科学技术的发展而发展，而绝不会成为一个僵化的体系，因此，马克思主义是不会过时的。这也说明，马克思主义哲学家决不能把自己封闭起来搞研究，而是需要同各方面的科学家，包括自然科学家、数学科学家等一起讨论问题，及时注意科学技术发展的动态。

(5)开放性。钱学森构造的科学技术体系是以马克思主义哲学为指导的各门科学，非马克思主义的学问不包括在其中，但这个体系之外不等于不考虑。钱学森认为，马克思主义哲学是一个开放的系统，它与环境不断交往，对系统外的知识，经过整理和鉴别，有的要随时吸收到我们的科学技术体系中，以充实发展马克思主义哲学。

综观钱学森的哲学思想和观点，贯穿着按照马克思主义哲学的本质来对待马克思主义哲学这一基本精神，即坚持和发展马克思主义哲学。他把科学技术和马克思主义哲学紧密结合起来，也就是十一大科学技术部门和十一架桥梁及一个马克思主义哲学核心(辩证唯物主义)，共同构成现代科学技术体系(包括马克思主义哲学体系)。这就是钱学森哲学思想的精髓。

第三章

钱学森现代科学技术观

现代科学技术是人类认识客观、改造客观世界的知识体系和威力无比的工具。钱学森作为一代卓越的科学战略家,在科学技术观方面也有丰富而深刻的理论见解。研究钱学森的科学技术观,对于贯彻落实科学发展观,推进马克思主义哲学,建设创新型国家不仅具有深远的理论意义,而且具有重要的实践意义。

一、科学技术离不开马克思主义哲学的指导

在哲学和科学的关系上,一方面,马克思主义哲学是从科学技术,即人类实践概括出来的。科学技术的进步,人类实践的发展,也必然会丰富并深化马克思主义哲学。另一方面,"马克思主义哲学作为科学技术的最高概括一定要用来指导一切科学技术工作,这是从原则到具体的指导"。钱学森特别强调这一方面。他认为马克思主义哲学通过十一架桥梁与科学与科学技术的各个部门紧密联系,汲取了人类一切科学的知识,真正建立在全部科学的基础之上,因此,马克思主义哲学是真正的、也是唯一的科学的哲学。研究、发展科学技术必须用马克思主义哲学来指导。科学技术的研究如果撇开了马克思主义哲学的指导是危险的。

马克思主义哲学如何指导科学技术的研究?这又是一个长期争而未决的东西。历史上曾经出现过两种偏向:取代论和无用论。取代论借口哲学对科学的指导,不顾科学自身的评价标准,用哲学去横加

干涉科学研究，实际上是取消科学。无用论则走到了问题的反面，他们借口"科学无禁区，有禁区就不是科学，就没有科学"为理由，完全拒绝马克思主义哲学对科学研究的指导意义，反而有"伟大的科学家、渺小的哲学家"这样的认识。正像恩格斯所描绘的情景："自然科学家相信：他们只有忽视哲学或侮辱哲学，才能从哲学的束缚中解放出来。"他们忽视哲学或侮辱哲学的结果如何呢？在科学技术历史上，由于不尊重马克思主义哲学而犯错误的事是很多的。例如，百余年来微观世界的研究中，自然科学家多次讲已经达到物质结构的极限，在当时也看起来好像是极限，不能再分了；但他们不知道这是违背自然辩证法的，以致一次又一次地被迫承认错误！而列宁早在90年前就根据马克思主义哲学断言电子也是不可穷尽的。还是恩格斯击中了他们的要害："他们完全做了哲学的奴隶，遗憾的是大多数都做了最坏的哲学的奴隶，而那些侮辱哲学最厉害的恰好是最坏哲学的最坏、最庸俗的残余的奴隶。""不管自然科学家采取什么样的态度，他们还是得接受哲学的支配。问题只在于：他们是愿意受某种坏的时髦哲学的支配，还是愿意受一种建立在通晓思维的历史和成就的基础上的理论思维的支配。"

钱学森仍然用中介"桥梁"的方法，科学地解决了马克思主义哲学如何正确指导科学研究的问题。钱学森认为，除提供素材外，还承担把唯物主义的普遍原理化为具体的东西去指导科学研究的任务。辩证唯物主义是最高原理，要指导十一大科学部门就必须具体化，自然辩证法、历史唯物主义、数学哲学等十一架桥梁作为马克思主义哲学中具体专门针对自然科学、社会科学、数学科学等的十一大相对应科学部门的那部分，它们对各部分科学研究的指导作用具有更具体、更专业、更直接的性质。这样，钱学森就找到了真正把马克思主义的普遍原理同具体科学相结合的道路。因为这些桥梁是马克思主义普遍原理与具体科学相互作用的产物，能够有效地防止那些不懂科学的、自称为马克思主义者的人，由于不了解科学的发展规律而粗暴地干涉具体的科学研究，又能防止某些人把马克思主义敬而远之，高高在上而置之不用，在具体科学研究中脱离马克思主义的方向。

钱学森认为，他所构造的科学技术体系，包括了人类现在所认识到的客观世界规律的全部精华，它就是智慧的源泉，而这个科学技术体系的最高概括——马克思主义哲学是人类智慧的结晶。因此，我们"要有智慧，就必须懂得并会运用马克思主义哲学去观察分析客观世界的事物"。

科学家难得，科学战略家尤其难得。钱学森以科学战略家的品质和眼光，在现代科学技术观方面提出了丰富而深刻的理论见解。历史发展到今天，马克思主义哲学对自然科学的影响正在扩大，指导作用也日益增强。广大自然科学家在自己的科学研究实践中，也逐步体会到马克思主义哲学对他们工作的重要意义，并且能自觉地以马克思主义哲学指导科学研究工作的开展。法国现代物理学家郎之万运用马克思主义哲学的观点去研究自然科学和科学史，得到很大的启发，他说："科学发展的辩证过程是与历史和生活发展辩证过程相平行的……我们全部科学的历史就是一系列的同此相类似的辩证过程，而每一过程都标志着一个重要的时刻。我体会到，只有在我们认识了辩证唯物主义的基本观点后，才能够彻底了解物理学的历史。"（李庆臻主编《简明自然辩证法词典》，山东人民出版社。1986年，第491页）钱学森回到祖国投身于社会主义建设事业后，便自

觉地学习马列主义、毛泽东思想，特别是注意钻研马克思主义哲学。他热心于自然辩证法研究，并以之作为自己研究工作的思想指南。1979 年 4 月，他在中共中央党校演讲时谈到哲学与自然科学的关系时指出："自然科学的研究如果撇开了马克思主义哲学的指导是危险的。""所有的科学技术工作，自然科学、社会科学、技术科学、数学、工程技术，不用马克思主义的哲学来指导，或者不重视马克思主义哲学对于科学研究的指导作用，是危险的。"[《现代科学技术发展(初稿)》，1979 年 4 月在中共中央党校的演讲稿，第28 ~ 29 页] 所有这些，既是现代科学家在科学研究实践中的深切体会，也是老一辈科学家在总结自己科学工作生涯时的肺腑之言。

综上所述，马克思主义哲学和自然科学有着密切的关系，马克思主义哲学要以自然科学作基础，自然科学要接受马克思主义哲学支配。哲学思想深刻地影响着自然科学的发展。在相同的生产条件下，在相同的社会里，科学技术能否发生重大的突破，科学技术发展规模的大小、速度的快慢，都与哲学思想的正确与否密切相关。历史事实已经证明，在现代社会中，马克思主义哲学是指导科学技术健康发展的唯一正确的哲学思想。

二、科学技术史学观

钱学森认为，自然科学的发展，经历了古代、近代、现代三个阶段。自然科学作为人类征服自然的一种手段，是从古就有的，但是，真正作为一种专门的事业来搞，还是近代的事。钱学森不仅非常重视对科学技术发展历史过程学习与研究，而且经常向人们阐述他对科学技术发展演进的看法。他对近代自然科学的发展就作了一个精要的概括：

> 古典的对自然世界的研究，这是古代科学。古代科学不是现代意义的科学。真正现代意义的自然科学是从 16 世纪以后，即从西方世界的文艺复兴开始的。在这之后的几百年，在历史上叫作近代科学，以区别于古代的科学。恩格斯讲得清楚：古代的科学属于自然哲学，而不是自然科学。什么是自然哲学？在那时因限于条件，人们对整个自然界有很多研究不到。对这些空白，就用一些思辨的办法，甚至是猜想的办法把它填补起来。用现代的语言表达就是，古代的自然哲学，有的是科学的，有的是不科学的。
>
> 从文艺复兴之后走了另一条路：不能用想象的东西来代替客观存在。要老老实实、一点一滴地从自然的实际来研究。这样一种精神，使自然科学开始从自然哲学中分离出来。到了 19 世纪下半叶，如恩格斯所说的：经过 300 多年的历程，自然科学的体系已经建立起来。距今 100 年以前，恩格斯在《路德维西·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》中讲得很清楚："自然哲学"完成了它的任务，可以消灭了，不需要了。在那以后，如果再提'自然哲学'，那就不是前进，而是倒退。
>
> 自然科学经过 300 年的历史，已经形成了一个体系。这个体系已经把对客观世界的认识，可以看成是一个统一的、互相联系的、一个发展过程的学问。但也必须说明，恩格斯在 100 多年以前认识的自然科学，和我们今天认识的自然科学，是有区别的。这个区别，第一是在于那时的自然科学还仅仅是作为认识客观世界的学问，还没有把认识客观世界的这一整套知识直接用来改造世界。

那时的自然科学只是今天自然科学中的基础科学，如天文学、物理学、化学、力学、声学等等(《论系统工程》,400～401 页)。

钱学森在中国科学技术协会成立30周年纪念大会上的报告时说，人们倾向于把引起人类思想巨大变革的两本科学巨著，即1543年在欧洲出版的哥白尼的《天体运行论》和维萨留斯的《人体结构论》，作为近代科学的起点。从那时起到现在，400多年过去了，近代科学技术大体上经历了三个发展时期。从16世纪中叶到18世纪后期工业革命开始，可以称之为近代科学技术的开创期。培根、伽利略、笛卡儿、牛顿等这些科学巨人是近代科学的奠基人。第二时期，从18世纪后期的工业革命开始到20世纪初，可以称之为科学技术的成熟时期。这一时期不仅出现了恩格斯称之为19世纪的三大发现的进化论、细胞学说和能量守恒定律，而且力、热、光、电、化、生、地等一系列经典科学理论都发展成熟了，近代技术体系也已基本形成。这就给20世纪的科学技术大发展奠定了基础。第三时期，从20世纪初到现在，可称之为科学技术的巨大发展时期。人们不仅可以把物质深处的巨大能量释放出来，而且进入到太阳系空间。同时，社会物质财富也有了成百倍成千倍的增长。遗憾的是科学技术的巨大发展，不只是给人类带来了巨大财富，而且也带来了巨大的危害……人们期望21世纪成为和平和发展的世纪。这种前景不是没有可能出现的。但是，也必须注意到，竞争决不会停止，它将更加激烈，特别是在经济和科技的竞争上，这将是另外一种形式的生死存亡的斗争。我们一定要发挥社会主义制度的优越性去夺取胜利。

在钱学森的科学观里所说的"客观世界"，也许要比通常人们的理解更为广泛，他所讲的"客观世界"包括通常人们理解的自然，也包括社会以至人类本身。钱学森理解的现代自然科学技术是包括社会科学在内的整体，也就是说社会科学是整个现代科学体系中的一部分。这是他经常向人们宣传的科学观，也是他一贯的主张。对此，他曾在许多文章中作过叙述。

三、钱学森的现代科学技术的层次观

在考察钱学森科学技术观时，会发现他的科学技术观带有明显的层次观念，这也是他一贯重视系统论思维的结果。他的这种突出层次思想也正是他与众不同之处。

"山外青山楼外楼"，"乱山遮晓拥千层"。世上万物，除了"一盘散沙"那样的例外，多数都是具有层次结构的。早在2000多年以前，人们已经开始在探究物质世界的层次性了。在我国古籍《楚辞》、《吕氏春秋》中皆有"天有九重"之说，把天分为九层；在《太玄・玄数》中，不仅把天，而且把地也分为九重。显然，古代人对物质层次的理解仅仅是臆测和猜想，带有直观和自发的性质。

所谓"层次"，主要是指事物有序地分层。物质的层次结构可分为两大类：一类是水平层次，如森林可依次分为乔木层、灌木层、草本层和地被层；在不同的层次上，又有相应的动物栖息其间。这样的水平层次，用一个参数就足以表征，属一维问题。另一类是圈层，如地球可依次分为大气层、地壳(平均厚度35公里)、地幔(地下35～2 900公里深处)和地核(地下2 900公里以下)。圈层需要3个参数才能加以表征，所以是三维空间

问题。水平层次和圈层都是就空间而言的，如果以时间为坐标，物质也同样具有层次结构，“芳林新叶催陈叶，流水前波让后波”，指的就是这种层次。因此，新旧交替、继往开来其实质也是一种层次结构，当然这是另一种类型的层次，时间坐标是它的主要参照系。这种不仅仅反映相邻关系，而且反映相继关系的层次结构，是四维问题。

钱学森的层次思想最突出的事例是表现在他提出的现代科学技术体系的层次结构（见图3－1）。

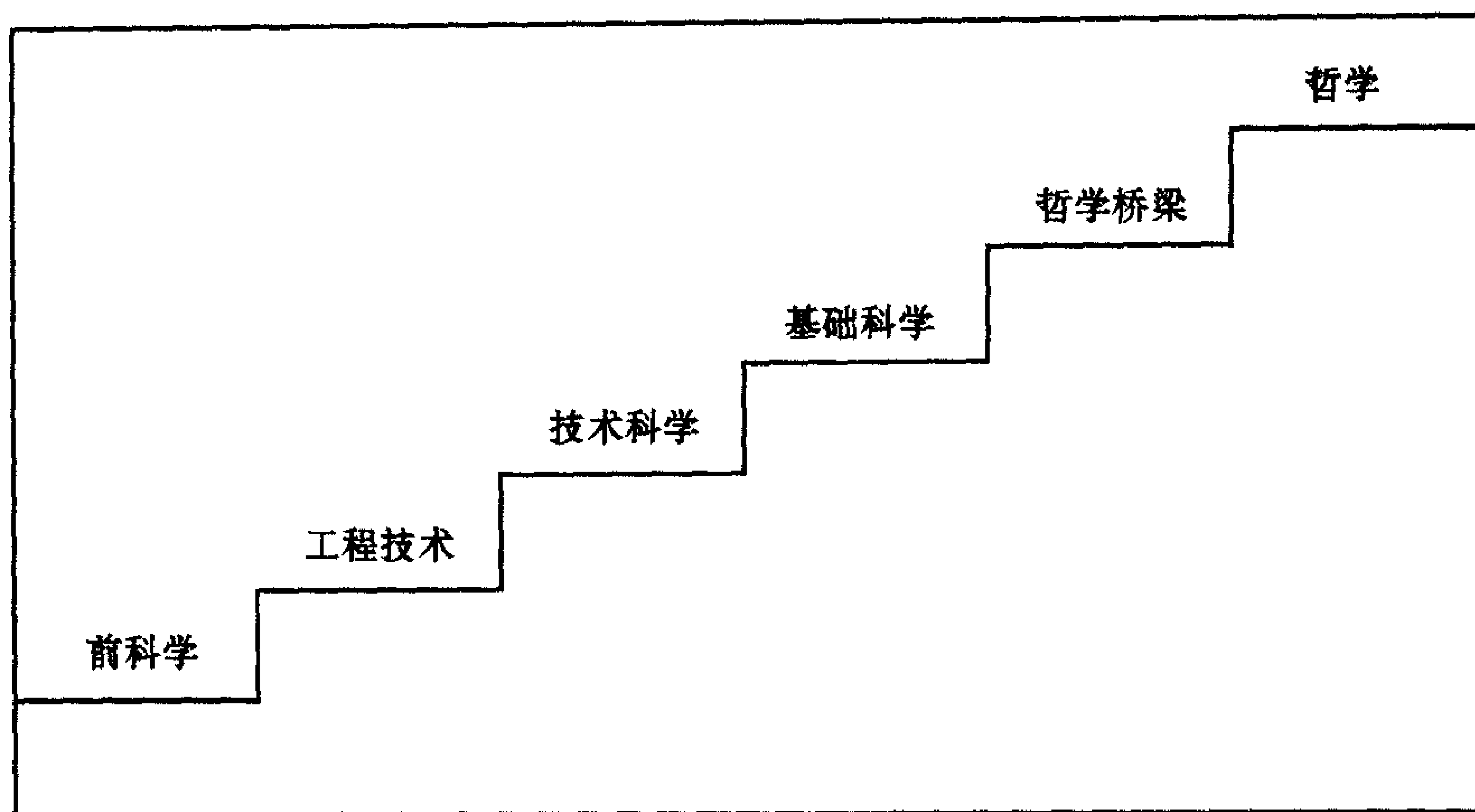


图3－1 钱学森现代科学技术体系的层次结构

钱学森的层次思想另一个突出事例是表现在他对世界物质层次结构的描述，即他提出的“五观”学说。

层次不仅是一种优化的结构，而且容易实现优化的运行。正因为如此，自然界才具有明显的层次结构，这是亿万年进化和自然选择的结果。基于同样的道理，复杂的社会系统通常也具有层次结构。鉴此，我们应该得出这样的结论：层次观是一种正确的现代科学观，层次思想是正确的现代科学思想。我们认识事物应该运用层次观，我们研究复杂系统必须分层次。

四、钱学森的现代科学技术体系观

钱学森的马克思主义哲学思想主要是概括、总结现代科学技术成果而形成的，因此，我们有必要先来看看他对马克思、恩格斯之后的科学技术大发展及现代科学技术体系的论述。

自从挣脱中世纪的枷锁之后，自然科学就获得了惊人的进展。从哥白尼的《天体运行》到牛顿的《自然哲学的数学原理》，自然科学逐渐从收集材料的阶段进入整理材料的阶段。马克思、恩格斯汲取了人类所有的知识特别是19世纪的能量转化与守恒定律、细胞学说和达尔文进化论这三大发现，创立了人类一切知识的最高概括的马克思主义哲学。也就是说，马克思主义哲学之所以是具有普遍真理性的哲学，正是因为它及时地反映了时代精神，是时代精神的精华。

钱学森认为，从历史来看，在马克思、恩格斯的时代，科学只有一个部门，这就是自然科学，而且只有自然科学比较完整，比较系统。不过，那时的自然科学还没有达到现在这样的发展水平。

19 世纪末，工程技术成为自然科学系统的一个组成部分，即用自然科学直接改造客观世界的部分。到了 20 世纪 20—30 年代，又出现了另一种现象，即在基础科学和直接改造世界的工程技术之间出现了一个技术科学或叫应用科学的层次。“总之，自然科学领域比较发达，历史较长。在自然科学系统中，首先是基础科学，如物理、化学、生物学、天文学等等；其次是技术科学，如电子、力学等等；然后是各式各样的工程技术，如机械工程、航空工程、航海工程等等。”就自然科学这一大部类来说，从单一层次发展到基础科学、技术科学与工程技术三个层次、学科众多的部类，比起马克思、恩格斯时代来说进展是惊人的。

20 世纪以后特别是第二次世界大战以来，科学技术一方面是高度分化，成立新的部门；另一方面又高度综合，形成严密的结构体系。钱学森以马克思主义哲学作为指导方针，把系统科学方法用于分析科学技术的体系结构，从而独创了现代科学技术体系。

钱学森将现代科学技术分为十一大部门，“并不是说每个部门只是研究客观世界的一个部分，而是认为它们都是研究整个客观世界的，不同之处仅在于观察问题、研究问题的侧面、重点不一样”。具体说来，自然科学用的角度是物质运动；社会科学用的角度是人类社会的发展运动；数学科学用的角度是质和量的对立统一；系统科学用的角度是系统或整体与局部的统一；思维科学用的角度是人认识客观世界的过程；人体科学用的角度是人体在宇宙环境中的发展和运动；军事科学用的角度是集团之间的矛盾与斗争；行为科学用的角度是与社会的相互作用下个人行为的规律；文艺理论用的角度是美感。但对于地理科学用的角度是什么，目前我们还没看到他的论述。

这十一大部门，除文艺理论，都像自然科学一样，每个部门又可分为三个层次，即基础科学、技术科学、工程技术。

钱学森把现代科学技术归纳为三个层次、十一大部门，形成一个严密的科学技术体系。但他认为这还不是人类认识客观世界的总和，而是人认识客观世界的学问，即条理化系统化了的那部分的总和。人们通过实践积累经验，还没有系统化为学问的，不在其内，它只能称为知识，不算是现代严格意义的科学。尽管这种知识很重要，但因其有局限性，暂时不能纳入科学。这种经验知识经过将来条理化系统化，可以进入科学。在这种经验知识之外还有更大范围的、不能形成文字的实践感受。由此可见，比起马克思、恩格斯时代的仅有的自然科学来说，现代科学技术是一个庞大的体系。

五、从爱因斯坦的一句名言：“我不相信上帝是掷骰子的”谈起

钱学森在《基础科学研究应该接受马克思主义哲学的指导》一文第一节“决定性与非决定性”是从爱因斯坦的一句名言谈起，讲述了现代科学技术发展过程中的一些科技史实，淋漓尽致地表明了他本人对决定性与非决定性的理解和看法。

爱因斯坦有一句名言："我不相信上帝是掷骰子的！"他对量子力学把决定性的牛顿力学以及相对论力学转化为非决定性的，就曾这样表示了自己的不满。那么到底客观世界本身的运动规律是决定性的，还是非决定性的？

其实对这个问题的争议并非自爱因斯坦始。早在19世纪初，大科学家拉普拉斯写了一本《天体力学》，他呈送给拿破仑，拿破仑接见了他，说："教授先生，你的书怎么没有提到上帝？"拉普拉斯回答说："我不需要上帝！"意思是世界上的一切都由数学理论、数学方程式决定了，这是牛顿力学明确了的。到19世纪末，为了用分子运动论来解释热力学规律，奥地利的波尔茨曼不得不引入非决定性的统计力学。波尔茨曼的理论与热力学完全相符合，不过出现了一个矛盾，决定性的牛顿力学怎么会引出非决定性的分子运动论？这个问题在当时科学界争议甚烈，波尔茨曼非常苦恼，以至最后自杀！他对创立统计力学是立了大功的，但解决不了决定性与非决定性的矛盾。这一矛盾直到20世纪60年代兴起了混沌理论才得到解决。按照这一理论，在分子数量极多，成亿、成万亿的情况下，只要在相互作用中有一点点非线性关系，就一定出现"混沌"。"混沌"看起来是非决定性的——混乱无章，可是实际它是决定性的，混乱无章正是决定性规律引起的；但可以当作非决定性的统计力学问题来处理。

这一段科学史说明，决定性的牛顿力学演化为非决定性的统计力学是一次科学进步，而用混沌解释了统计力学的非决定性则又是一次科学进步。那么上帝到底掷不掷骰子呢？从上面这段历史看，应该说如果这个"上帝"指的是客观世界本身，那么"上帝"是不掷骰子的，客观世界的规律是决定性的。如果这个"上帝"指的是试图理解客观世界的人、科学家，那他有时不得不掷骰子，而且从自以为是地不掷骰子到承认不得不掷骰子也是一个科学进步。后来科学又发展进步了，科学家能看得更深更全面了，"更上一层楼"了，科学家又不掷骰子了，那又是一个进步，是又一次的科学发展。这样，我们就把"上帝不掷骰子"和"上帝掷骰子"辩证地统一起来了。客观世界是决定性的，但由于人认识客观世界的局限性，会有暂时要引入非决定性的必要。这是前进中的驿站，无可厚非，只是决不能满足于非决定性而不求进一步地澄清。

决定性与非决定性的问题也存在于人的思维规律理论之中，这就是逻辑学。早在17世纪，德国数学哲学家莱布尼茨就认为，总有一天数学计算能解决一切争议，一旦遇到不同意见就说："让我们来计算计算吧。"这个设想到了20世纪初，数理逻辑有了很大发展，于是又有了一位德国数学家希尔伯特就认为，一切数学问题都在原则上是可以判决的，是完全决定性的，而且他着手建立这样的数学大厦。在希尔伯特晚年，他的这一美好理想破灭了。20世纪30年代，Kurt Godel 和 Alan M. Turing 先后用不同方式说明根本不存在这样的体系。他们证明：没有一组有很多个公理和推理准则所组成的体系能解决所有正整数提出的问题。现在美国IBM公司的 Gregory J. Chaitin 更进一步证明数论中存在着随机性，要用统计，即非决定性的理论来解决，这也是由于近一百年来数学原理，或称元数学的发展。如今，逻辑学家们已跳出经典逻辑，即所谓一阶逻辑的范围，开辟了二阶逻辑等高阶逻辑，称之为模态逻辑。思维规律的学问已经大大发展了。现在我们明白，在某些局限性下出现的非决定性问题，在更高层次中又会变为决定性的。这已经是马克思

主义的辩证逻辑了。

爱因斯坦在《论科学》一文中说："相信世界在本质上是有秩序的和可认识的这一信念，是一切科学工作的基础。"钱学森认为，爱因斯坦在这里揭示了一切科学工作者从事科学技术活动的基本信仰。这种信仰是建立在人类的实践史和认识史基础之上的，并为科学技术成果的巨大社会价值所一再证明了的。它不仅是发现真理的思想基础，而且也是坚持真理的精神支柱。有了这种信仰，就敢于坚持真理，哪怕是在处于少数的情况下，也毫不动摇。有了这种信仰，就能够明辨是非，从而抵制对抗新发现的种种否定倾向。

六、科学和技术的区别与联系

钱学森坚持不懈地告知人们科学和技术是两个不同的概念。他常用两句直白简短的话向人们宣传和解释这两个概念。即科学是人们认识客观世界的知识；技术是人们改造客观世界的知识。由于现代科学与技术相互渗透、相互依赖、紧密联系、对应发展，使得人们常常把科学与技术作为同一序列的范畴来应用。实际上，科学与技术是意义不同的两个概念，二者有着相对的独立性和本质上的差异。

（1）科学和技术的定义不同。尽管人们对科学的内涵和外延理解不同，而且世界各国对科学的定义表述不一，但它总归是一种经过实践检验的、关于自然界和人类社会以及思维的知识体系。任何一门科学，都是反映事物的本质和普遍必然性的概念、定理、定律、原理、公式和学说构成的理论体系。而技术的定义是明确的，即人类为了实现社会的需要而创造的手段的总和。按性质的不同，技术又分为软技术和硬技术两类。硬技术是满足各种社会需要的物质手段，包括机器、设备、工具等；软技术是指如何应用各种物质手段达到一定社会目的的技能和技巧，也就是操纵、控制、运用硬技术的方法以及生产的组织形式、组织管理。由此可见，现代科学是一种纯理论的形态，而技术则是知识和物质形态的统一体。

（2）科学和技术的产生与来源不同。科学来源于生产实践和科学实验，技术则来源于生产实践和科学理论，现代技术是科学理论物化的结果。

（3）科学和技术的根本职能不同。科学的根本职能是揭示自然规律，着重回答"是什么，为什么"的问题；技术的根本职能在于对自然界的控制和利用，着重解决"做什么，怎么做"的问题。

（4）科学和技术的社会价值不同。科学具有认识的、文化的、哲学的价值，而经济价值是难以确定的，或者说是间接的，长远的；技术则直接追求生产的实用性和它带来的现实的经济价值。

（5）科学发现和技术发明的途径不同。科学是一种探索未知的活动，在成就和时间上具有难以预见性。因此，在管理上实行弹性管理为佳。技术则是一种有目的行动实施，有明确的目的性和严格的计划性，应以计划管理为宜。

（6）科学和技术的运动形态相逆。科学属于从实践向理论转化的领域，现代技术主要属于从理论向实践转化的领域。

科学和技术既存在差异性，也存在统一性。科学的根本职能在于认识世界，技术的

根本职能在于改造世界，而认识的目的完全是为了改造。因此，两者的最终目的是一致的。另外，科学和技术在其发展过程中互为前提，互相依赖。基础理论为技术实践提供了科学理论依据，同时，技术的进步又为科学理论的突破奠定了新的物质基础。

七、对科学技术是第一生产力的阐释

钱学森认为："科学技术是第一生产力的问题，是中国社会主义建设真正的、根本的大问题，不解决这个问题我们是搞不好社会主义建设的。"他在了解了各方面的情况以后作了比较透彻的阐述："有人对此不理解，说除了有第一生产力，是不是还有第二、第三生产力？有人又说马克思没有讲科学技术是第一生产力。这都是在说怪话，不是科学态度。""这是个学术问题，但也涉及政治，是建设有中国特色社会主义问题。""科学技术是第一生产力，这是中国社会主义建设的核心问题之一。我看现在大量的文章都不解决问题，没有说服力。还有几个问题：科学技术到底包括什么？科学技术是第一生产力，为什么马克思没有说这句话？经典著作上讲的生产力，一般讲三要素，有人认为是二要素，他们的眼光窄了一点，把生产力看作是一件具体工作的生产能力，不是我们说的社会生产力这个概念，而社会生产力当然是三要素。为什么那个时候对生产力是这样界定的，而不是现在这个提法？科学技术是第一生产力是小平同志对马克思列宁主义、毛泽东思想的发展。虽然马克思没有提到第一生产力这样的高度，现在提了，也是正确的。马克思那个时候没有提，也不是不正确。这里面有个历史发展的问题，要解决这个问题恐怕要用历史唯物主义的观点和方法，这是很重要的。我说过，马克思是人，不是神，我说的是老实话，所以不能死抱书本。我从前也讲过，科学技术直接转化为生产力，在马克思活着的时候还不太显著。瓦特是一个聪明的技师，并不是科学家。后来查了查有关记载，蒸汽机也不是瓦特最先发明的，他是改良了蒸汽机，实际蒸汽机早就发明了。但他是一个好的技师，通过对蒸汽机进行改良，提高了效率，你说瓦特这么一个了不起的人物，他有多少科学知识？实际上没有多少。所以要求马克思在那个时候说科学技术是第一生产力是不可能的，是不符合当时的现实的。"谈到现代科学技术包括的内容，他联系实际讲道："我们的一些文件中常常出现这样的句子：'要汲取国外的先进科学技术和生产管理技术。'把这两个概念分开了，似乎科学技术不包括管理，这怎么行呢？我一直在宣传，所谓科学技术，是人认识客观世界和改造客观世界有系统的知识，深入讲就是我说的十一大部门，三个层次，十一架桥梁那一套大的结构，都是科学技术，而且还包括外围的一些东西，即未系统化的经验。所以说科学技术是第一生产力，不仅包括自然科学、工程技术，也包括社会科学，以及自然科学与社会科学交叉的一些学科。我猜想，疙瘩可能就在这里，一说科学技术是第一生产力，就指自然科学和工程技术，没有社会科学的事，搞社会科学的人自然就有气。说科学技术不包括社会科学，这个概念是陈旧的。在马克思那个时代，社会科学还不是严格意义上的'科学'，所以马克思也不能那么讲。现在时代不一样，新的概念一定要讲清楚。"在对待科学技术问题上，钱学森同样喜欢用毛泽东同志讲的一段话来表明自己的观点："人类的历史，就是一个不断地从必然王国到自由王国发展的历史。这个历史永远不会完结。在无产阶级存在的社会内，新与旧、正确与错误之

间的斗争永远不会完结。在生产斗争与科学实验范围内,人类总是不断发展的,自然界也是不断发展的,永远不会停止在一个水平上。因此,人类总得不断地总结经验,有所发现,有所创造,有所前进。"

八、科学技术研究与工业生产的关系

1955 年 12 月,钱学森在归国之初的几次学术报告中,提出了科学研究和工业生产关系的看法。在这个问题上,钱学森多次指出:"科学研究和工业教育一定要领导工业技术前进,走在工业的前面,不是老跟在人家后面去做那些出了问题才去解决的被动问题。"当时就在科学研究方面提出了发展航天技术、核聚变、自动化等研究课题。

钱学森赞同对科学技术研究按其不同性质分成四种类型(或者说是从基础研究到新产品的设计、试制划分为若干阶段):第一类,基础研究。以认识客观现象、探索客观世界的规律为主要目的,一般没有明确的应用目标,或没有明确的直接目标,但对科学发展和技术革命有普遍而深远的影响。第二类,基础应用研究。针对生产或改造客观世界提出的问题,进行基础和理论研究,为实际问题的解决提供理论依据和基本资料。第三类,应用研究。直接解决生产和改造客观世界中的实际科学技术问题,如在实验室创造和研制新产品、新技术、新方法、新流程等或提出经济体制的新组织方案。第四类,"型号研制"或推广研究。这四类科学技术研究是有关联的,前一类研究的结果也是后一类研究的依据和指导;反过来,后一类研究又不断为前一类研究提出新的课题和提供赖以总结提高的实践基础(《论系统工程》,102 ~ 103 页)。

九、现代科学技术包括社会科学

钱学森在早年就提出现代科学技术应该包括社会科学,社会科学是现代科学技术的一部分,社会科学同样也是生产力。他在《从社会科学到社会技术》(《文汇报》,1980 年 9 月 19 日)一文中指出:"我们研究社会科学的目的是为建设我国社会主义提供理论依据。所以研究对象必须侧重于中国社会历史和当前的中国社会;外国的社会现象也要研究,为了帮助我们更深刻地理解我国目前的社会问题。换句话说:我们搞社会科学是为了改造我们的社会,使它更符合人民的需要和愿望,能更加为人民谋利益。因此,从这个立场和观点,研究社会科学的目的与研究自然科学和技术的目的没有不同,社会科学同样是提高人民物质生活和精神生活水平的工具,而且是不可缺少的工具。那为什么不能说社会科学是生产力呢?如果说科学技术是生产力,这里说的科学技术包括社会科学。""科学技术现代化是四个现代化的关键,而发展我国科学技术(包括社会科学)就要求我们掌握现代科学技术作为一个方面的社会活动的规律。""可以看到要实现社会科学现代化,并把现代的马克思主义社会科学用于改造客观世界,其实际规模和工作量绝不亚于现代工程技术,如大型水利工程或发射人造卫星的航天技术。社会科学要走出研究室到实践第一线,投入到改造社会的战斗中去,社会科学家要和组织管理专业人员一起,要和自然科学家和工程技术人员协作,搞大规模的工程。这就不只是研究科学了,而是一门技术,可以称为'社会技术'。所以社会科学现代化包括社会科学走向社会技术,要实现

从科学到技术的这一重大发展。”

十、钱学森现代科学技术观给我们的启迪

1. 人类智慧到了力争整体上全面理智行动的境界

综合上述的讨论，我们可以看到它是一个有机联系的统一整体，充分体现了各部门之间互相制约、互相推进的关系。正如钱学森特别强调的，今天的科学技术，已不是以前概念的科学技术，它“不仅仅是自然科学工程技术，而是人认识客观世界、改造客观世界的整体知识体系”。钱学森潜心研究这个整体结构，是要搞清楚现代科学技术各部门的联系，目的是为了从这个系统的整体功能出发，全面协调而卓有成效地发展我国大科学技术。各部门科学技术的联系，实际上是认识和改造客观世界各个方面的关系，因而全面协调发展我国各部门科学技术，也即是为了卓有成效地认识和改造各个方面的客观世界。钱学森说，假设我们把这个科学体系建立起来了，就完全可以用来成功地建设社会主义。因而把此作为他晚年的最大心愿，并为此进一步精心研究和发展了系统科学方法，提出处理这类复杂巨系统的综合集成法。不难理解其实质也就是他力图使我国社会主义建设走向在整体上全面理智的轨道。钱学森以及国内外学者对这个论题的探索，是人类历史智慧的积累。特别是现代科学技术全面发展的结果，它标志着人类智慧进入力争整体上全面理智行动的境界。这实际上是一门人类力图整体上全面理智地改造世界的学问。

2. 为深化并确立科学的世界观、人生观提供启示

综观前文，可以看出本文论题有其特别重要的哲学意义。这实际上是对辩证唯物主义论的具体描述，形象地说明了整个物质世界是怎样连成一个整体的，所讨论的“天堂”、地上与人间、肉体与“灵魂”、“情与理”、知与行等等一系列问题，历来是哲学界的论题。可以说对这个科技体系整体结构的探索，实质上是一门揭示整个宇宙物质世界整体联系的科学，是一门关于“世界观”的学问。同时还可看到每个层次部门的科学概括，应当说也就是它们各自本质联系的基本观点，诸如，天地（人天）观、人地观、（人间）社会观、心身观、情理观、知行观（认识论），我们都可以从这些基本观点中归纳到辩证唯物主义论的基本原则上，特别是根据自然科学与人的科学一致的观点来认识。如果我们把社会观、人生观作为全部关于人的科学的哲学概括，那么科学的世界观、自然观应包括科学的社会观、人生观。建立在人生价值意义上的人生观，也就是前述所谓争取在整体上全面理智的行动，即以人类整体利益为出发点。共产党人应当说具有这个与世界观、自然观、社会观相统一的科学人生观。

3. 为共产党人的宗旨、目标作了说明

综观全部讨论，我们从科学部门之间的水平方向关系来观察，全部科学技术是关于人的科学，包括自然科学在内；而在科学部门之间的垂直方向的关系来认识，则全部科学技术又都属于自然科学，包括关于人的科学。这正是马克思所预言的：“自然科学往后将包括关于人的科学，正像关于人的科学包括自然科学一样：这将是一门科学。”马克思这个“关于自然科学和人的科学一致的观点，具有深刻的唯物主义哲学的意义”，马克思“关

于共产主义的科学，就是建立在这种自然科学和人的科学一致的基础上的唯物主义学说”。这个唯物主义的基础就在于因为人类社会系统是属于整个宇宙物质系统的，把人类社会历史看作自然历史过程。马克思也正是在说了“历史本身是自然史即自然界成为人的这一过程的一个现实部分”之后，才指出这个关于自然科学和人的科学一致的观点，而社会主义、共产主义则就是这个自然历史过程的必然。不难理解所谓根据这样的整体构思从整体上全面理智的行动，其实质也就是从全人类整体利益为出发点的。

第四章 钱学森现代科学技术方法论体系

方法论(methodology)和方法(method)是两个不同层次的问题。方法论是科学方法的哲学基础,是关于研究事物所遵循的途径和路线理论。在方法论指导下是具体方法问题,而方法可能是多种多样的。如果方法论不对,具体方法再好,也解决不了问题。钱学森现代科学研究方法论是关于"如何认识客观世界,和怎样改造客观世界"的一系列方法学说,是一个有内在逻辑联系和层次结构的体系。它的最高层是哲学方法论;第二层是一般方法(论);第三层是具体(特殊)方法。这三个层次从抽象到具体依次展开,第一层次的内容又具体体现在下两个层次的内容之中。关于认识(观念)与方法的关系,钱学森提出了根本认识是第一位的,方法是第二位的。这是世界观与方法论的辩证统一。

一、钱学森的现代科学研究方法论是一个体系

马克思主义的哲学,包括世界观和方法论两方面。长期以来我们比较注重世界观的改造,而在普及马克思主义的方法论方面,工作做得很不够。在历史上和现实生活中,人们对科技成果和科学方法的认识并不是同步的。人们往往过分关注创造性的科技成果,而不关心产生创造该成果的科学方法。面对这种"要金子,不要炼金术"的情况,我们不仅要收获前人科学研究的成果,而且要探索前人取得成果的方法;不仅要盯着自己的科研目标,而且要着手创造达到目标的方法;不

仅要创造一门新的学科，而且要创造一种各门学科普遍使用的新的科学方法。1985 年 4 月 11 日《人民日报》发表了钱学森专门阐述对科学研究方法的看法的文章——《谈谈科学研究的方法》。

科学研究的方法包括两个方面：一个方面是成本成章的系统的理论，也就是可以写清楚、讲清楚的学问，能由先生口授，学生听课或通过自习看书而获得的科学研究本领。这其中最根本的就是马克思主义哲学，因为马克思主义哲学是人认识客观世界的最高科学概括，所以也必然是指导科学研究的原则。

这些书本知识是任何做科学研究的人必须学的；但只学了书本知识还不够，问题在于学了，把书背熟了，还要在实践中灵活运用，把书本上的知识变成活生生的方法和工具。这可不容易，这是科学研究方法的第二个方面。一位青年人要学这个本领，最好的办法是拜有科学研究成就的人作老师，从老师的研究实践中领会。这个方法也包括去参加一个活跃的学术讨论集体，大家讨论学问，畅所欲言，你一句，他一句，也可以有说错了的，最后问题终究弄清了。青年人就在这样的实践中逐渐领悟到搞科学研究的真本事：如何抓住问题的关键，如何认识死胡同（此路不通），如何从失败中总结教训、迅速走上大道，如何敏锐地发现有希望的苗头，等等。我说这不容易，也许有人会认为奇怪，以为"你讲了几个如何，你就把如何照直说了，如何如何，不就解决问题了吗？为什么故弄玄虚？"对此，我说："我实在无法讲清，因为这方面的学问还没有形成一门科学，只能意会，不可言传呵。"举另外一件事作旁证：有从什么学校毕了业就成了大作家的作家吗？没有。作家只有从写作的实践中成长，同时还有文艺评论家从旁帮助。再举一个反证：科学研究方法论要是真成了一门死学问，一门严格的科学，一门先生讲学生听的学问，那大科学家也就可以成批培养，诺贝尔奖金也就不稀罕了。

科学研究是人类追求知识、解决问题的一种活动。科学研究方法是人们借以达到科学研究目的的途径、手段或者工具。钱学森的方法论是一个层次分明的科学体系，最高层是哲学方法论；第二层是一般方法（论）；第三层是具体方法。

（1）哲学方法论。因为它纯属方法论范畴，所以普遍适用于包括自然科学、社会科学、思维科学等一切科学的研究。哲学方法论为所有的科学研究提供指导思想及方法论。唯物辩证法是哲学方法论最高概括，哲学方法论具有普遍的指导意义。整体论、还原论、系统论就都属于哲学方法论层次，但是，它们又各有不同。还原论重在分解，是由整体到部分的研究途径；整体论是不分解的，从整体到整体；而系统论既从整体到部分自上而下，又自下而上由部分到整体。正是由于研究路线的不同，使它们在研究和认识客观事物的效果上也不相同。

这里还要指出，哲学方法论也不能代替具体研究方法去完成科学研究任务。恩格斯以唯物辩证法洞察物质世界，早在 1867 年就提出了原子可分的预见，但是没有通过具体的实验、观察研究，原子可分的预见也只能是个预见而已。到了 19 世纪末，物理学家们通过具体的研究，发现了电子及物质的发射性以后，恩格斯的这个预见才得到验证。

(2)一般方法(论)。仍然带有很重的方法论色彩,是人们进行科学研究或解决实际问题所运用的方法论;是人们追求知识、解决问题的思想武器,如钱学森给予完善和运用最多的、一贯宣传的系统论方法、系统工程方法论、数学方法等。当然,这一层次的方法(论)还有经验和理论两种类型。

(3)具体(特殊)方法。具体研究方法是在某一学科领域中对某类特殊问题所采用的具体方法。钱学森提出的专门处理开放的复杂巨系统的从定性到定量的综合集成方法,医学研究中的解剖方法,物理学研究中的光谱分析方法,管理科学中的达标评估方法等都是具体(特殊)研究方法。

钱学森在归国之初,当他学习了毛泽东的著作之后,曾欣喜地对周围的同志讲道:"这次回国感受到受益最大和令我高兴的是,在国外多年摸索出来的方法,在精神上是和《实践论》和《矛盾论》的原则相符合的。"

钱学森指出:"科学方法论是现代科学技术研究的一个大课题。我们要多宣传这样一个观点:科学技术工作不能局限于抽象思维的归纳推理法,即所谓的'科学方法',而必须兼用形象或直感思维,甚至要得助于灵感或顿悟思维。爱因斯坦就倡导过这个观点。所以为了开阔科学技术工作者、特别是青年科技工作者的眼界,科学方法论是必须大加发展的。"(《关于思维科学》,23 页)

掌握科学方法与培养科学精神相辅相成。缺乏科学精神会导致主观主义的方法,不采用科学方法也难以坚持科学精神。从实际出发去辨识事物是科学的态度,而辨识、鉴别总是通过比较实现的,不掌握比较的方法就难以辨识或恰当地鉴别。全面地认识对象是科学的态度,而全面性是与对象各方面的数量关系、结构形态相关的,不掌握数学的方法、系统的方法就难以总揽全局。因此,努力学习科学知识,投身实践活动,掌握科学方法,是按科学精神和科学规律办事的必要条件。

二、"方法是第二位的,根本的认识是第一位的"

关于认识与方法的关系,钱学森提出了根本的认识是第一位的,方法是第二位的观点。1985 年,钱学森在与文艺界有关同志的一次谈话中指出:"任何一种方法都无法改变原来理论的正确与不正确。方法不能改变本质的东西。因此,文艺理论要发展,必须建立在正确的文艺理论观点上,同时为了研究的需要引用现代所有的有效方法。就是说,你的出发点必须是对的,即要符合马克思主义哲学。只有先树立正确的理论观点,然后,在这个前提下,什么方法都可以用。如果没有正确的观点,只有数学符号、概念术语,那么你的所谓方法是空的。你不要在那儿变戏法,不要把你的老底藏在数学符号后面。你先亮你的老底,谈你对问题的基本观点,然后再说你的方法。在我们自然科学领域,不允许拿符号、方法代替基本的认识。自然科学界的名家都一上来就先谈自己对问题的基本认识,用简单的语言,把基本观点很清楚地表达出来,然后才用很高深的数学等方法谈自己是怎样处理的。不能先用符号、公式糊弄人。这在自然科学界是不允许的。据说在文艺理论界有种说法,说今年是'方法论年',明年是'观念年'。我看,还是先谈观念,后谈方法……我始终认为,方法是第二位的,根本的认识是第一位的。至于用什么方法,很难

说只能用什么方法，不能用什么方法。即可以用这种方法，也可以用那种方法。各有千秋。研究问题的不同层次，可以运用不同的方法。方法是根据问题来选择的。"（《科学的艺术与艺术的科学》，124～125页）尽管钱学森这段话是与文艺界同志谈的，但是它具有普遍的指导意义。钱学森在坚持世界观和方法论统一的前提下，强调世界观对方法论的决定性影响，可以使人们自觉地用辩证唯物主义的世界观去认识世界和改造世界。

钱学森对数学是一种方法的阐述，就进一步说明了方法是第二位的观点。

钱学森说的一句话："人不是靠算，而是靠认出形势。"（《自然辩证法、思维科学和人的潜力》，《哲学研究》，1980年第4期）虽然他是指人与计算机下棋的事，但是这句话里体现着他的方法论思想，因此，这句话的适用范围远不止是人－机对弈。

三、辩证唯物论方法论

钱学森把唯物辩证法的对立统一、质量互变、否定之否定这三大规律，转化为观察分析问题的方法论。他承认矛盾的对立性，但更注重矛盾的统一性；他善于把定性分析和定量分析相结合，注重定量思维，把"扬"和"弃"辩证地统一起来，侧重于"扬"。

运用辩证唯物论方法论不仅体现在钱学森的理论创造中，而且更重要地体现在他的科学技术实践中，即体现在他组织大规模科学试验和解决工程技术过程中遇到的具体问题中。

钱学森在自己的科学生涯中一以贯之地强调用辩证唯物论的世界观来看待现代科学技术的发展形势，坚信辩证唯物论是指导科学技术发展的唯一正确的科学理论。因此，他坚持引导有志于科学事业的青年，切切不可放弃马克思主义理论的学习。马克思主义哲学是自然科学知识和社会科学知识的概括和总结，它引导我们更好地认识自然，掌握和发现自然规律，它使我们在科学研究中变得聪明和主动，而不致掉进形而上学的泥坑，因而陷入被动地位，这个问题，无论对国家、民族、个人来说，都是非常重要的。

恩格斯在总结1848年以后的德国历史经验时指出："正当自然过程的辩证性质以不可抗拒的力量迫使人们不得不承认它，因而只有辩证法能够帮助自然科学战胜理论困难的时候，人们却把辩证法和黑格尔派一起抛到大海里去了，因而又无可奈何地沉溺于旧的形而上学。"（《马克思恩格斯选集》第3卷，第467页）今天，我们面临的情况早已不是恩格斯所批评的当年德国的情况了，世界科学技术的发展日新月异，我们学习的自然辩证法，也是不断发展了的唯物辩证法。因此，只要我们充分利用这些条件，我们的科学技术事业就一定会顺利前进，就一定会迅速发展起来。

四、理论联系实际方法论

科学技术，作为人类认识客观世界和改造客观世界的活动，是一个有机的，运动变化着的开放系统。科学理论和科学实践之间，不停地相互作用，进行着信息交换，从而使理论系统具有新陈代谢的功能。当理论系统输出信息后，将实践效果的信息再返回到理论系统，使理论系统的结构得以调整，它便可以向实践输出新的信息。这样，理论系统就能在不断的反馈调节中保持旺盛的生命力，不断给实践提供指导。如果一种理论系统不能

接收实践传输过来的信息，或者只接收合胃口的信息，不接受不合胃口的信息，或者接收信息后不能作出自我调整，也就是说，如果这种理论反馈失灵，那么，它就会失去活力，变成一潭死水。

理论一定要结合实际，理论脱离不了实际，实际也脱离不了理论。理论与实际是冷与热的结合。搞理论的头脑一定要冷静，完全学院式的研究是不行的，一定要投入到火热的实际斗争中去。一冷一热，要结合。理论与实际相结合的主要途径是什么呢？钱学森认为，现代科学技术体系这一认识世界和改造世界的重要理论，主要是通过工程技术这个层次与实际联系起来。因为工程技术是直接用来认识和改造客观实际的实践技术。也就是说，工程技术与客观实际最先发生联系，然后通过技术科学，再到基础理论，最后通过哲学桥梁学科，这样四个台阶，与马克思主义哲学结合起来。

五、系统方法论

任何科学方法论都有它的哲学基础，系统科学的开创者们都很重视哲学思考，努力从哲学上论证这一新兴科学的方法论问题。钱学森的系统学，同样重视对方法论作哲学探讨。就是那些主要从事系统方法应用的学者，他们的注意力也不仅仅放在具体的操作步骤和程序上，同时也关注支配这些步骤和程序的哲理精神。就国外系统方法论研究几十年来的动向看，对哲学、社会学、心理学、认知理论和组织行为理论的探求已占有比可操作性更中心的位置。不少系统方法论名家都强调方法论的精髓在于掌握其哲理精神，而不是机械地死扣其建议的操作步骤。钱学森更是不遗余力地宣传系统科学必须以马克思主义哲学为指导，自觉地应用辩证法于系统研究。

辩证法的核心是对立统一，用之于系统研究，就是强调还原论方法和整体论方法的结合，分析方法与综合方法的结合，定性描述与定量描述的结合，局部描述与整体描述的结合，确定性描述与不确定性描述的结合，静力学描述与动力学描述的结合，理论方法与经验方法的结合，精确方法与近似方法的结合，科学方法与艺术方法的结合，等等。这些结合都是系统论方法之精髓所在。

系统方法论是系统方法的哲学基础，是按照事物本身的系统性，把对象在系统的形式中加以考察的一种方法。即从系统的观点出发，始终着重从整体与部分之间，整体与外部环境之间的相互联系、相互作用、相互制约的关系中综合地、精确地考察对象，以达到最佳的处理和研究问题的一种方法论。系统方法论的特点是把系统看成一个由元素组成的有机的整体，从结构与联系的角度研究系统的功能。

系统科学是适应科学方法论的变革而产生的新学科，研究的方法论是新兴科学的方法论。我们不应是仅仅把自然科学和社会科学的现有方法简单地推广套用于系统研究，而必须立足于创新。但系统研究的方法不能脱离现代科学成果凭空创造，只能在对现有科学方法加以吸收、提炼、改造的基础上创建出来，并与现有科学的方法论产生多方面的联系。

从近代科学到现代科学，还原论方法发挥了重要作用，特别在自然科学领域取得了巨大成功。它所遵循的途径是把事物分解成局部或低层次事物来研究，以为低层次或局部问题弄清楚了，高层次或整体问题也就自然清楚了。如果低层次或局部问题仍没搞清

楚,还可以继续分解下去,直到把整个问题搞清楚为止。"我们有采取这种还原论的最好理由:它有效。自从西方科学的黎明以来它就是获得有用信息的关键,而且它深深地植入我们的文化之中。但是,现代科学技术发展向这种方法提出了挑战,许多事实使科学家们认识到还原论的不足之处正日益明显。"(戴汝为主编《复杂性论文集》,第1页)我们正面临着这种方法论处理不了的问题。钱学森很重视方法论问题,在他提出系统工程早期,提得比较多的是"定性与定量相结合的方法"。后来,他根据毛泽东《实践论》的观点,即认识客观世界的规律是从感性认识到理性认识。于是便更准确地提出"从定性到定量综合集成法"。从表面上看只是文字上有一点差异,而事实上这是非常不同的两种思想。正如许国志院士所指出的:"从科学发展的过程来看,这个方法论是把还原论与整体论结合起来,既超越了还原论也发展了整体论,是系统科学的一种新的方法论。其理论基础是思维科学;方法基础是系统科学与数学;技术基础是以计算机为主的现代信息技术;哲学基础是马克思主义实践论与认识论;实践基础是系统工程的实际应用。"(钱学森著《创建系统学·序》,山西科学技术出版社,2001年)继而,钱学森还为这一方法论构建了实践形式——"从定性到定量综合集成研讨厅体系"。这是典型的从整体上研究和解决问题的方法论与方法,也是钱学森科学思想和科学方法论的显著特色之一。

钱学森的著述中谈论最多的是系统科学的研究方法和方法论问题。系统科学方法论无疑是他所说的系统论的重要组成部分。作为一位有重大成就的科学家,在全方位地研究系统科学的过程中,他十分重视方法论问题,而且也最擅长这方面的研究。他的系统研究论著中包含有大量关于系统科学方法论的内容,有很深入细致的论述。例如,从方法论角度区分简单性与复杂性,确认凡是不能用还原论方法解决的问题,都是复杂性。钱学森对还原论与整体论的优劣、利弊有许多辩证的比较和论述,提出的"系统论是整体论和还原论的辩证统一"这一结论,有重大方法论意义。依据这个经典性命题对他的有关论述进行总结、提炼、发挥,吸收其他系统科学家的成果,就可以形成系统科学方法论的基本架构。

在论述关于研究方法中,钱学森还预见到电子计算机的发展前景及其应用威力,特别说明了电子计算机将会对技术科学的研究方法带来重要的变化。今天,人们已经普遍使用了"分析—实验—数值实验或分析"三位一体的研究方法,这说明半个世纪前钱学森的上述预见确实是高瞻远瞩。2001年3月,钱学森在接受《文汇报》记者采访时,有如下的对话:

记者:我们有这样一个感觉,您不仅仅是一位杰出的科学家,而且是一位科学思想家,您提出很多重要的科学思想,而且相应有一套可操作的方法,一直到技术上的实施。譬如您提出的"大成智慧"和"综合集成研讨厅体系",就既有很深邃的内涵,又有很具体的可操作性。

钱学森:我是从搞工程技术走向科学论的,技术科学的特点就是理论联系实际。因而我思考问题,一方面在理论上要站得住,另一方面在工程上还要有可操作性。23年来,系统工程和系统科学已经有了很大的发展,我们已经从工程系统走到了社会系统,进而提炼出开放的复杂巨系统的理论和处理这种系统

的方法论，及以人为主，人－机结合，从定性到定量的综合集成法，并在工程上逐步实现综合集成研讨厅体系。将来我们要从系统工程、系统科学发展到大成智慧工程，要集信息和知识之大成，以此来解决现实生活中的复杂问题（《文汇报》，2001年3月20日）。

六、整体方法论

任何事物都是一个整体，必须从整体上去进行认识和研究。比如，以前我们认为人体的各个器官是分层次组织的，中央发号施令的是大脑，然后是各生理系统，每个系统有它各自的功能传递化合物，各就各位，各司其职。在“基层”工作的化学物质有亲皮素质、激胆囊素八肽、胃泌激素、生长激素、胰岛素等等，还有其他同类化合物，一共二十多种，竟然出现在人的大脑，可以说在基层工作的跑到中央来了。它说明人体的整体功能比我们想象的要灵活得多。我国中医理论中的阴阳说和五行说，中医理论的脏腑论和经络说，中医理论中的六淫、七情，中医讲究辨证施治，这些都是强调了人体的整体观以及人和环境、人和工作的整体观。那种只注意“树木”，不注意“森林”的研究方法，对“森林”总不可能获得全面的认识。

七、关于复杂性问题方法论（综合集成法论）

培根的科学研究哲学，即还原论的方法是把一个问题进行分解，如果觉得还太大，再分解，一点一点地分解下去，直到问题获得解决。钱学森认为这个方法是可以解决一些问题的，对认识客观世界的许多深层次问题，是需要这样解决的。但是对开放的复杂巨系统问题是不适用的。他在研究了国外学者所研究的大量所谓复杂性问题之后，对他们的工作作了这样的评价：“我看他们的理论并不高明，因为他们没有马克思主义哲学。他们一说，就是复杂性怎样认识？结果就要人来认识，弄来弄去，就是强调人的主观作用；强调来强调去，就把不以人的意志为转移的客观存在这个物质给丢了。所以，我们现在有一些人叫实践唯物主义，但我看还是坚持辩证唯物主义好。当然还有另一个极端，认为复杂也可以分析嘛！用分析的方法也可以把这个系统搞出来嘛！这样认识以后，就向这个方面去努力，结果认为自己已经抓住了整个世界的复杂性，因而有所谓宇宙全息论。这是什么意思呢？是说好像已经抓住了整个世界这么一个复杂结构的道理，因此只需要推论就可以了。这也不对呀！这跟黑格尔的绝对精神一样，成了客观唯心主义。”钱学森不愧为一位大科学家，面对一个研究课题他总是能用马克思主义哲学观点敏锐而准确地指出，什么样的研究方法是正确可行的，什么样的研究方法是不可行的，问题在哪里？比如他在研究探索开放的复杂巨系统极其方法论时指出：开放的复杂巨系统目前还没有形成从微观到宏观的理论，没有从子系统相互作用出发，构筑出来统计力学理论。那么有没有研究方法呢？有些人想得比较简单，硬要把处理简单系统或简单巨系统的方法用来处理开放的复杂巨系统。他们没有看到这些理论方法的局限性和应用范围，生搬硬套，结果适得其反。例如，运筹学中的对策论，就其理论框架而言，是研究社会系统的很好工具，但对策论今天所达到的水平和取得的成就，远不能处理社会系统的复杂问题。原因

在于对策论中已把人的社会性、复杂性、人的心理和行为的不确定性过于简单化了，以至于把复杂巨系统问题变成了简单巨系统或简单系统的问题了。同样，把系统动力学、自组织理论用到开放的复杂巨系统研究之中，所以不能成功，其原因也在于此。系统动力学创始人 J. Forrester 自己就提出，对他的方法要慎重，要研究模型的可信度，但国内有些人对此却毫不担心，“大胆”使用。

另外，也有的人一下子把复杂巨系统的问题上升到哲学高度，空谈系统运动是由子系统决定的，微观决定宏观等等。一个很典型的例子就是“宇宙全息论”。他们没有看到人对子系统也不能认为完全认识了。子系统内部还有更深更细的子系统。以不全知去论不知，于事无补？甚至错误地提出“部分包含着整体的全部信息”、“部分即整体，整体即部分，二者绝对同一”，这完全是违背客观事实的，也违反了马克思主义哲学。实践已经证明，现在能用的、唯一能有效处理开放的复杂巨系统（包括社会系统）的方法，就是从定性到定量的综合的集成方法……近几年，国外有人提出综合分析法（meta-analysis），对不同领域的信息进行跨域分析综合，但还不成熟，方法也太简单，而从定性到定量的综合集成法却是真正的 meta-analysis（《创建系统学》，201 ~ 202 页）。

八、借鉴法——一种创造性的方法论

借鉴法是把一门学科的知识与方法引入到另一门科学中进行研究的方法。钱学森是运用这种借鉴法的行家里手。例如，把物理学的唯象理论借鉴到中医理论中，创立了唯象中医理论；把近代物理、物理化学、化学理论的研究方法借鉴到应用力学中，创立了物理力学的研究方法。运用借鉴法，不能原封不动地照搬别的学科方法，而是根据本学科的特点，对那种方法加以改进，形成适宜于该学科的特殊方法。“他山之石，可以攻玉。”借鉴法极富创造性，许多边缘学科都是借鉴法建的奇功。

钱学森说过：“我们常常认为科学研究好像就是归纳推理。把实验的观察很仔细地记录下来，然后把一大堆实验的数据归纳起来从中推理。这叫科学方法，我们从年轻时起就学这个。但是我也可以举一个大人物为例。爱因斯坦讲过，用这个科学方法，得不到真正的科学创造。或者说，爱因斯坦怎么发现相对论的，决不是这么一个办法，用这个办法爱因斯坦发现不了相对论。爱因斯坦非常强调的是大量的数据事实，这个是重要的。我们搞科学不是凭空想的，是靠实际的、客观的观察和数据，这没问题，但是怎么能从这些数据的大量事实中提炼出一个概念来，以认识这个问题。比如说爱因斯坦搞相对论，有大量的实验结果，当然里面包括麦克尔逊 - 莫雷的实验，但在这些事实面前他怎么得出一个相对论的概念？这不是简单的所谓归纳推理，没告诉你怎么归纳推理，哪一些是最重要的最核心的东西，没讲，你怎么办？在这个时候就需要爱因斯坦所讲的一个创造性的活动，即猜出来，设想一下，这种猜测，这种设想，是不是胡猜、胡设想的呢？也不是。在实际工作里很重要的一个办法是靠借鉴，想起来别的地方有这个东西，好像有点像，用到我这个地方行不行。这种想法很重要，你要知道其他的东西是怎么回事，其他的科学，其他的技术最近有些什么发展，或历史上有些什么发展，这样给你一个线索。当然也不是说你的设想、猜想就准对，但是它是进一步工作的基础，进一步的工作倒是要靠推

理分析,这是我们知道的办法、熟悉的办法。也就是说总有那么一个环节,即要把大量的实验结果或经验、观察到的数据形成一个可以进一步做工作的基础,这就是爱因斯坦说的创造性的一步,或是叫作创造性的飞跃,就是跳了一下。而要这么做,很重要的是你有借鉴,总是有来源嘛,你不是凭空想的嘛。对于这一点要说的还很多。研究现代科学技术的结构,对于我们做创造性的脑力劳动有好处,因为其他科学方面的发展可以对我们当前做的工作有帮助,同志们信不信？我相信,因为我在工作里得到的好处还不少呢。”(《人体科学与现代科技发展纵横观》,29～30页)

九、数学方法(论)

数学方法和逻辑方法都属于理论方法范畴。理论方法主要用于对收集到的感性资料进行加工处理,完成由感性认识到理性认识的飞跃过程。数学方法(论)它既是一种思维方法,也有解决具体问题的具体方法,所以它既有方法论的性质,也是解决具体问题的具体方法。一般的学科都适用,它不是针对某一学科的特殊方法(论),因此它具有普遍性。在钱学森的方法论体系中,数学方法(论)应属一般方法论层次。钱学森不仅具有广阔的数学知识,而且具有非常扎实的运用数学的功底。所以,数学方法(论)是他最擅长的重要的方法论之一,也是他十分强调的重要的方法论之一,还是他的科学技术事业走向成功的重要工具。人们通常说的数学方法即利用数学工具对研究资料进行数量处理,达到对事物的量化的认识及描述。科学研究中常用的数学方法包括数理统计及模糊数学方法。数理统计主要用于处理与分析事物出现的随机性,模糊数学方法主要用于处理与分析事物的类属或性态的不确定性。

钱学森的博士论文是属于流体力学方面的,但是在学位论文工作之后,他却首先转而研究各种薄壁壳体的失稳问题。这是因为这些问题都是当时困扰着航空工程师们的难题。那时的实验结果和理论推算之间存在着很大的差别,是经典线性理论所不能解决的,对这种十分困难的非线性现象,那时还没有相应的理论。在薄壁圆柱壳体的失稳问题上,他十分认真地观察和分析了实验结果,经过反复尝试,他认识到,在失稳前后有一个能量跳跃过程,并发现了一种符合实验现象的模态,用它可以得到远比线性理论所得结果好得多的失稳临界载荷。这个结果是在他经历了多次失败后才取得的。仅现在收集到的他的有关这一问题的手稿就有800多页,而正式发表的论文却只有10页。这项研究完成时,钱学森在存放手稿的牛皮纸袋上用红笔写下了“Final”,即“最后的定稿”。但是作为一名严肃的科学家,他意识到该理论仍有不足之处,因此他划去“Final”,又写下“Nothing is final”,即“科学上没有什么认识是最后的”这几个醒目的字。

这项工作典型地反映出钱学森当时研究工作的一个特点,就是在复杂的现象中努力抓住最本质的东西,并在此基础上建立数学模型。由于求解非线性微分方程通常是极其困难的,因此在那时必需借助于进一步的近似才能得到解答。正因为如此,这个解答的正确性还需要经过实验的验证才能得到确认。到了今天,由于高速电子计算机的发展和数学理论的进展,人们在企图反映事物的主要矛盾和求解非线性方程方面,客观上所受的制约少多了,可以说发生了质的变化。对于一大批理论上成熟的问题,完全可以借助

于计算机解决问题，而无需做多余的人为假设。在帮助认识复杂现象的内在规律方面，计算机作为数值实验的工具，也同样起很大的作用，因此在研究方法上，计算机把人们带入了一个新时代，人们对此必须有充分的认识。在这方面，钱学森也一直是积极的倡导者。

正是基于上述思想，在钱学森的科学技术著作里有一个突出的特点，那就是，在数学公式推导之后，必然有数字演算，以表明理论结果不仅逻辑上站得住，而且数值上也与实验结果或实际经验相符，以表明理论公式是可靠的。

十、战略眼光，果断决策

着眼于全局，着眼于长远是钱学森一贯倡导的重要的方法论原则，是钱学森科学生涯的经验总结。钱学森在 20 世纪 60 年代中期亲自领导和组织了激光雷达和红外位标器的攻关研究，用了近十年的时间攻克了技术关键、制造出了样机，填补了国内空白，作出了杰出贡献。通过这项科学技术研究，我们可以看到钱学森如下一些学术思想和科研方法。

1960 年才发明了激光，在这项发明尚处于初级发展阶段的 1965 年初，钱学森就提出："激光是否可以作为新型能源用于武器探测指导?"随即下达了调研任务，要求写出论证报告。当科研人员完成调研报告后，钱学森在 1965 年 9 月组织有关部门司、局长听取了汇报，并果断地作出了重要决策："像重视发展无线电微波一样，发展激光技术，首先应用到防空导弹制导探测中。"并指示立即成立"激光红外工程组"，负责组织研制工作，并给予支持和指导。

当时这是一项很新的技术，为了迅速突破这项工程技术，钱学森作了十分重要而又创新的研制部署。他指出："在各专业优势单位联合的基础上，发展系统，搞国家队。在技术上要首先突破关键技术。"他不仅力荐把激光雷达和红外位标器及激光引信等列为国防科委重点项目，而且亲自到中国科学院找裴丽生副院长、到上海找市领导，形成三家联合攻关，并成立了协调组和激光雷达总体组。他的这种组织科研思想和方法，在我国激光雷达的研制中起了非常重要的作用，并成为以后预研工作的一条创新原则。研制激光雷达的基础技术、材料和重要分系统都存在需要解决的难关，钱学森对突破关键技术明确指示："先解决原理性问题，抓紧实验研究。把材料攻关纳入中国科学院与上海市攻关计划，协助解决。"在钱学森的指导下，我国的科研人员在研究中发现的某些原理性问题，至少比美国早了五年，为研制大功率激光发射机奠定了基础。

国家高技术主题首席科学家陈定昌不无感慨地说："在不到 8 年的时间内完成了样机研制，取得了很好的结果，填补了国内空白。这些都和钱老正确的领导和先进的学术思想有密切的关系。特别是钱老战略的眼光，果断的决策，为新技术光学开拓了发展道路，所研制的成果和培养的队伍，为以后国内精确制导技术发展打下了好基础。""钱老对新技术预研攻关的一整套指导思想，如开门办科研，集国家优势单位组成国家队，在最高的专业技术水平的基础上，加强关键技术攻关，先解决关键、原理和关键元器件，然后分步集成分系统、系统，始终重视以系统工程方法指导研制，在基础很弱的情况下，能在较

短时间内攻克难关，做出高性能样机。他的这套先进的学术思想和科研方法，使我们跟随他参加具体负责研制的同志受益匪浅，并成为我们终身遵循的指导思想和方法，并在航天型号攻关研制和预研工作中发挥了极其重要的作用。”

总之，科学研究方法对于科学创造有着重要的作用，正如法国著名生理学家贝尔纳所说的：“良好的方法能使我们更好地发挥运用天赋的才能，而拙劣的方法则可能阻碍才能的发挥。因此，科学中难能可贵的创造性才华，由于方法拙劣可能被削弱，甚至被扼杀；而良好的方法则会增长、促进这种才华。”

科学工作者的创造性研究方法，要靠自己在实践中去探索，同时也要学习像钱学森这样杰出科学家的行之有效而带有普遍意义的创造方法。这对于中青年科技工作者尤为重要。如果完全靠自己去探索创造性方法，等待有了比较成熟的方法时，创造性的最佳时间可能已经过去。科学研究的方法是有规律可循的，创造的方法也是有规律可循的。创造工程就是研究创造技法的科学。

做什么事情都要讲究方法，方法对头，可以事半功倍；不然，则会事倍功半甚或导致失败。掌握好方法对于做好工作、完成任务是至关重要的。一切工作，如果仅仅提出任务而不注意实施的工作方法，不采取切合实际的工作方法，那么，什么任务也是不能实现的。

我国历来都注重方法。所谓“工欲善其事，必先利其器”，这个“器”，除了具体的物质的以外，方法也是它的一项重要内容。我们说钱学森现代科学技术方法论是一个有层次结构的体系，其重要意义在于能够选择与形成最优化的科学研究方法的组合，从而更有效地进行科学技术研究与创新活动。

第五章

钱学森基础科学哲学思想

科学，是人类在认识世界和改造世界过程中所创造的知识体系，是正确反映客观世界的现象、物质内部结构和运动规律的系统理论知识。科学还为人们提供认识世界和改造世界的态度和方法，提供科学的世界观和处世的科学精神。科学是回答人类在观察自然界的现象时提出"为什么"的。在20世纪80年代末期到90年代前期，钱学森相继发表了《也谈基础性研究》、《基础科学研究应该接受马克思主义哲学的指导》、《再谈基础性研究》、《我们应该攻科学理论最深层的问题》等重要文章，集中阐述了他的基础科学研究哲学思想。

一、崇高的科学信念

1. 从认识客观世界与改造客观世界的关系来认识基础科学研究的重要性

钱学森曾说，传统的说法认为，基础研究好像是解决一些远水不解近渴、对现实经济社会发展没有多大意义的科学课题。这种看法现时已经不适应了。现代基础研究不仅包括各门自然科学中的纯基础研究，也包括广大应用科学和应用技术领域里的基础研究，叫基础应用研究，是一个宽阔带。这些研究在不同领域和不同层次上，对现代经济和社会的发展起着重要的推动作用。如何对待新含义的基础研究，我认为我们也面临着一个观念更新的问题。

在各门自然科学的基础研究中，有一类课题就是所谓纯基础研究，这类研究是以认识自然和自然规律为目的的。这类课题的提出并没有明显的直接应用目的和应用背景，主要是依据科学发展的内在规

律,对在科学发展前沿上可能出现的一些新的前景的一种探索,属于人们在已知的基础上探索未知的一种追求。我们作为马克思主义者,当然知道,我们在马克思主义的指导下探索自然规律,一切得到的新认识又必然丰富和发展我们的世界观,也会深化马克思主义哲学。这本身就具有重大意义。此外,人们认识自然的最终目的是为了改造自然,以达到造福人类的目的。因此,没有直接应用目的和应用背景的研究,并不等于对人类社会经济的发展就没有意义。从科学发展的历史来看,许多重大的科学发现,在开始的时候,人们对它们的应用目的和应用背景也是不很清楚的。然而随着科学的进一步发展,人们看到,它们在人类认识世界和改造世界中产生了多么巨大的作用。我们对科学应该抱有崇高的信念,任何有科学价值的重要发现,包括对自然和自然规律的新的认识等,都有重大意义,对人类科学世界观的形成和发展,对社会物质财富的增长,都将产生重大影响。

在谈到科学研究中的计划机制和市场机制问题时,钱学森很赞成周光召同志在科学院改革中提出的思想,认为基础研究中很大一部分探索性的长远项目和科学意义很大、但应用前景一时还不明显的项目,是不能用市场经济原则去指导的。在科研任务的规划安排中有两种规律必须遵循,一种是科学自身的发展规律,一种是经济规律。科学应当首先服从自身的发展规律,这是更为本质的东西,不要把市场机制和竞争机制混同起来。

钱学森在《建立意识的社会形态的科学体系》一文中指出:“科学是认识世界、改造世界的学问,过去把它分为自然科学、社会科学、哲学,这还没有讲清楚。对自然科学不能只强调改造客观世界而不重视认识客观世界;只重视应用研究和应用基础研究而忽视基础研究。在社会科学中又没有把应用科学包括在内,不符合马克思主义理论联系实际的观点;而且过去太强调阶级性,有点片面,应该强调真理性,当然这里主要是指相对真理性,而不是什么绝对的终极的真理性。”(《创建系统学》,148 页)

2. 从文化建设的角度来看基础研究的重要性

1985 年 12 月 30 日,钱学森在给《中国科技报》的信中说:“说科学技术是文化,特别要指出基础科学。许多人不了解一时看不到应用的基础研究是文化建设的必不可少的组成部分!”他还引用上海复旦大学李新洲教授的一段话:“作为人类思维的创造物,只有音乐堪与理论物理媲美,所有理论物理学家都像艺术家一样地生活,一样地工作,一样地思索。在讨论基础研究和应用研究究竟是哪一个重要时,即使是那些急于求成而对美感毫无兴趣的人,经过稍许反省也可看到基础研究的重要性。理论物理学家懂得,哪一种基本概念将被科学技术应用是不能预测的,为了要使具有应用价值的基本概念源源不断,只有提倡研究全部的基本概念才行,而别无他法。”钱学森很赞赏李教授的观点,他说:“这段话讲得很好!其实我们要改造客观世界,建设社会主义文明,就必须先认识客观世界,基础科学的研究就是为了更深入地认识客观世界。”(《科学的艺术与艺术的科学》,198 页)

3. 关于纯自然科学基础研究课题的选择与政策研究

关于纯自然科学基础研究课题的选择与政策研究,钱学森作了非常缜密和具体的阐述。他说:“我们对所谓纯自然科学基础研究课题的选择,应当主要从科学发展的要求出

发，而不是以有无直接的应用目的和应用背景为依据。由于现代科学发展前沿中的一些重大课题研究，往往需要许多新的技术装备，需要大量的基建投资和研究费用，因此世界各国，包括一些经济发达国家，在确定某些基础研究项目的时候，需要审时度势，从自己的国力出发，量力而行，我们更应如此。在对待基础研究的政策选择上，一般有价值的项目，我们又有一定基础，甚至具有某种优势的，应当努力发展；有些重大项目，我们自己能够独立进行的，可以依靠我们自己的力量进行，自己不能独立进行的，可以参加国际合作；有些项目，我们现时缺乏必要的设备条件，将来又需要发展的，也可以派人到外国参加研究。当代科学呈现世界一体化发展趋势，科学领域不像技术领域竞争那么激烈，发展国际合作，应是基础研究政策选择考虑的一个重要方面。”

二、基础科学研究的概念及应用技术基础研究；基础科学与技术科学和工程技术的关系；开展基础科学研究也要重视生产实践

1990 年 3 月 17 日，钱学森在全国政协科技委员会全体会议上指出：“我们从马克思主义哲学的认识论来看，人要改造客观世界，必须先认识客观世界，而且在科学技术的历史上，也多次有过这类例子。”（《真理的追求》，1990 年第 1 期）

在 20 世纪 80 年代前期，钱学森在中央党校的一次报告中指出，在自然科学研究工作中，我们就存在一个问题，即究竟是基础研究重要，还是应用研究重要？基础研究和应用研究相应的比例究竟是什么？我们在这个问题上已经摇摆过多次了。我觉得这个问题，要下决心搞清楚。第一，开宗明义，明确我们国家的自然科学技术是一定要为社会主义建设服务的。这是因为，我们国家的一切都是为现阶段任务——社会主义建设服务的，自然科学技术当然也是这样。第二，同时也要尊重自然科学技术本身发展的规律，也就是尊重科学，不能蛮干。科学技术的发展有它自己一定的规律，基础研究如果完全没有，那么将来科学技术的发展必定要受到影响。因此，我的说法就是，一是要明确自然科学技术是为社会主义建设服务的，二是要尊重科学技术本身的发展规律。科学技术的发展，它本身还有一个应用和基础的关系，这是我们应该很好搞清楚的。

对此他进一步解释说，当然，一个具体研究领域，在开始时可能是纯基础研究，后来发展了又变为基础应用研究。例如核物理，原来是纯基础研究，而自裂变发现后，逐渐成为基础应用研究了；又如超导物理，自高温超导材料出现，已成为世界瞩目的基础应用研究了。

为加深人们对应用技术基础研究的认识，钱学森特别强调提出了应用技术的基础研究。他说：“因为现时人们谈到应用基础研究的时候，往往指的是应用科学的基础研究，忽视了应用技术的基础研究，而这恰恰是我们当前许多关系国计民生的重大产业技术过不了关的原因所在。应用科学的基础研究和应用技术的基础研究不同之点在于，应用科学系指有一定应用目的开拓性的或有长远发展意义的研究，是以某一领域的科学知识的突破为目的的；而应用技术的基础研究，从我们国家的具体情况来说，大量的带有补课的性质，主要目的不是获得新的突破，而是要把国外已有的先进技术真正掌握起来，不仅知其然，而且要知其所以然，以便更好地消化吸收，真正为我所有，为我所用，从而建立起自己的技术基础。当然，在这个基础上，我们也要力图有所创新，有所发展。”（《也谈基础性

研究》）

加强应用技术的基础研究，尽快地建立起自己的先进的技术基础，既是避免在很多重要领域要靠引进，甚至大量重复引进的某种国策，也是增强我国产品在国际市场竞争力的重要保证。

钱学森认为，现代高技术领域的基础研究更为重要，常常成为产生新的思路和萌发新的产品设计的源泉。因此，基础应用研究，不但科学院和高等院校应当重视，产业部门也应当重视，特别是重要的应用基础技术的研究，各产业部门应当一一列出，努力从经费等各方面加以保证，力求尽快过关。科学院、高等院校和产业部门的科研力量应加强合作，尽快地把我们国家的与当代世界发展水平相适应的技术基础建立起来，这是我们的时代使命。

此外，他还认为，应当加强对我们国家的若干基础情况的数据资料的研究工作，这也是属于基础研究的一个重要方面。

钱学森曾说过："基础研究实际上是分为两个方面的。一个方面是基础研究，就是基础性的探索，即如何来认识客观世界方面的问题。另一个方面就是国家科委所说的'应用基础研究'。但这里我不同意用'应用基础'这个词。基础研究就是不讲应用嘛，怎么还有应用基础研究？从字眼上看就是矛盾的，所以我建议，把这 4 个字的位置换一换，叫'基础应用研究'，意思本来是应用研究，但是为了更好的应用，要把道理搞清楚，所以前面加上'基础'两个字。对于这两个方面，从今天看，真正的基础研究常常被忽视，因为它没有直接看得见的效益。全世界恐怕都是这样，我们也不例外。我看了最近我国第四次国家自然科学奖中获奖的基础研究名单，在 60 项基础研究中，我只找到一项真正的基础研究，其他的我看都是我所说的'基础应用研究'，所以在这里我要特别强调基础研究的重要性。"

他说："应用科学和应用技术的基础研究，从其性质讲，属应用研究，是有应用目的的，但又比较基础性，所以可简称为基础应用研究，是基础性研究的又一个更为广阔的领域。"（《也谈基础性研究》）

周恩来总理曾经也说过："中国科学院应该侧重基础科学和理论研究。各产业部门要侧重应用科学和技术研究。大专院校应该是两者兼而有之。"在周总理看来，科学是划分为基础科学、技术科学和工程技术（应用科学）三个部分。这里应该指出的是：技术科学是基础科学到工程技术的桥梁，技术科学的重要性也正在这里。有学者形象地把基础科学比作树根，技术科学比作树干，工程技术比作枝叶。只有根深，干壮，枝叶才能茂盛，因此，应该重视技术科学这个中间环节的研究。

从现代科学技术发展来看，当然是上一个层次影响下面一个层次。这样一讲，好像是基础科学为工程技术提供了素材，提供了理论。但是，从马克思主义哲学的观点来看也不尽然。钱学森曾讲过："实践的东西也可以发现新的东西，提出新的要求，来促进基础科学的发展。这里还有一个很重要的道理，即认识来源于实践这个基本的道理。我们现在说实践有两种，一种是生产实践，另一种是科学实验。以前好像说基础科学的发展就靠科学实验，我觉得这不是很全面的，生产实践也可以提出问题，要求基础科学去研

究。也就是说，我们要重视劳动人民，他们在生产实践中所遇到的问题，或他们提出来的一些看法，我们专业的科学技术人员应该很好地重视这些来源于生产实际的意见。"（《人体科学与现代科技发展纵横观》，42 页）现在我们强调知识有用，知识重要，但是，我们也要注意不要钻到书本里去，不要就在实验室里，还要看一看广大人民群众在实践里提出的问题，他们的实践给你提供了可以提交的变成科学的素材。

钱学森也讲过："现在比较重视应用研究，因为研究的成果很快就可能被应用，而对基础研究则重视不够。记得 1956 年制定 12 年科技远景规划时，就对基础研究要不要搞有争议，最后是周恩来总理亲自做工作，统一大家的思想，使基础研究得到一定程度的重视。我们共产党人不能眼光短浅，要看到长远，所以我们既看到近的，又要看到远的。不了解客观世界，怎么改造客观世界？"（《创建系统学》，64 页）

"在今天，科学革命在先，然后导致技术革命，最后出现产业革命。这也就说明基础科学研究的重要性。有了科学发现才有跟上来的社会发展。"（钱学森《我们要用现代科学技术建设有中国特色的社会主义》，《九十年代科技发展与中国现代化》，湖南科学技术出版社，1991 年）也就是说，人们承认首先是认识了客观世界，才能更好地改造客观世界。"例如从现代电子技术发展历史来看，是先有半导体物理这样的基础科学，后来才发展到现在了不起的电子技术及工业，以至于出现今天人们所说的'信息社会'。再如核工业，原先是研究原子核，有了核物理，后来就变成核技术、核工业；而核技术和核工业已成为当今世界非常重要的部门。从生物学方面看，开始是研究生物，研究细胞，进而研究细胞结构中的分子，建立并发展了分子生物学这门基础科学；现在大家都说，到了 21 世纪，将会迎来生物技术的产业革命。从这种规律看，我猜想，现在的宇宙学跟我们日常生活似乎搭不上边，是基础科学。但很难说，不定哪会儿冒出一个什么东西来，也许今后某个时期，关于宇宙学的研究会影响我们整个世界。这也正是基础研究的重要性。"

三、物质世界层次与基础科学研究的方向

关于物质世界的层次问题，钱学森是从普朗克长度讲起的。他说：

在物理学中有三个常量，即万有引力常数 G、光速 c 和普朗克常数 h。它们可以结合成一个长度，即（$\sqrt{\frac{hG}{2\pi c^3}}$）。这个长度极小，大约是 10^{-34} 厘米。过去多少年，这只是个有趣的量，并不知道它有什么具体意义。但近年来理论物理学家为了把 4 种作用力：引力、弱作用力、电磁力和强作用力纳入统一的理论，即"大统一理论 GUT"，提出一个"超弦理论"（superstring theory），而这里"超弦"的长度正好是大约 10^{-34} 厘米。超弦世界比今天中子、质子等"基本粒子"的 10^{-15} 厘米世界还要小 19 个数量级！我们称基本粒子的世界为微观世界，那超弦的世界不应该称为更下一个层次的渺观世界吗？

超弦的世界还有一个特点，它不是四维时空（三维空间加一维时间），它是十维时空，四维之外再加六维。多出来的六维在高一层次的微观世界是看不见的，因为它太细小了。这就使我猜想：微观层次的量子力学所表现出来的非决

定性，实际是决定性的渺观层次中十维时空运动的混沌所形成的。本来是决定性的运动，但看来是非决定性的运动。这是因为超弦的渺观世界是十维时空，有六维在微观世界看不见，不掌握，因而有六个因素没有考虑，漏掉了。可以说是因为微观世界科学家的"无知"，造成本来是决定性的客观世界，变得好像是非决定性的了。这才是"隐秩序"，藏在渺观的秩序。对不对？可以探讨。从渺观到微观差19个数量级。我们不妨让微观世界到人们所熟悉的宏观世界之间也差19个数量级，而微观世界的典型长度是10^{-15}厘米，那么宏观世界的典型长度就是10^{-15}厘米$\times 10^{19} = 10^{2}$米。那是一个篮球场大小。

从宏观世界再往上呢？我们说是宇观世界，这也是大家知道的天文学的世界。它是不是与宏观世界也差19个数量级？如果是这样，那将10^{2}米$\times 10^{19} = 10^{21}$米$\approx 10^{5}$光年。10^{5}光年是银河星系的大小，正是天文学的世界！

所以从渺观、微观、宏观，直到宇观，以上构筑方式是成功的。有没有再上面的世界层次？这不能瞎猜，要看有什么事实指向……20世纪80年代以来，外国宇宙学家们提出了"膨胀宇宙论"(inflationary universe theory)代替"大爆炸理论"(big bang theory)，而且对我们所在的这个宇宙起始膨胀的机制提出了设想，也指出我们所在的这个宇宙不过是大宇宙中数不清的宇宙中的一个，大宇宙要大得多。

所以我就提出，在宇观世界之上的再一个层次，就称为"胀观"。胀观比宇观再上19个数量级，典型尺度是10^{16}亿光年，比我们所在宇宙的现在尺度，即大约几百亿光年要大得多了。

综上所述，钱学森建议在大家公认的世界三个层次，即微观、宏观、宇观之外再加两个层次，一是微观下面的渺观，二是宇观之上的胀观，一共五个世界层次(见表5-1)。微观与渺观的交界之处大约在尺度3×10^{-25}厘米；微观与宏观的交界之处大约在尺度3×10^{-5}厘米，即大分子的尺度；宏观与宇观的交界处大约在尺度3亿公里，即太阳系的大小；宇观与胀观的交界处大约在3×10^{6}亿光年。现在有物理理论的只是微观的量子力学及其发展、宏观的牛顿力学和宇观的广义相对论，新提出的渺观和胀观还没有严格的理论。没有理论就要创立理论，这就是基础科学的研究方向了。更何况随着研究的深入，还会出现渺观以下的新层次和胀观以上的新层次，所以现在基础科学研究是有方向的。

钱学森还指出："现在微观研究差不多都是在10^{-15}厘米以上，还有微观世界的下半部，直到与渺观的交界处的大约3×10^{-26}厘米处，量子力学及其发展还大有可为。宇观的上部，直到与胀观的交界处的大约3×10^{6}亿光年，广义相对论也还大有可为。这也都是基础科学研究的新领域。"

针对上述提出的基础科学新领域，钱学森特别指出："由于这些新领域直接做实验或观察都比较难，在微观世界下半部，物理实验可能要用能量超过现在已有或计划中的高能加速器，即大于几十个TeV；在宇观世界的上半部，天文观测所要的仪器也大大超过现在已有或计划中的天文观测设备。不能做实验或直接观测，怎么做理论核实呢？好在今天我们已有计算能力很大的电子计算机和电子计算机系统，而且在不久的将来这种计算

表5-1 世界的5个层次

层次	典型尺度	过渡尺度	例	理 论
?				
?				
?				
胀观	10^{40}米 = 10^{24}光年 = 10^{16}亿光年			
宇观	10^{21}米 = 10^{5}光年	3×10^{6}亿光年	银河星系	广义相对论
宏观	10^{2}米	3亿公里	太阳系	牛顿力学
微观	10^{-17}米 = 10^{-15}厘米	3×10^{-5}厘米	篮球场 大分子	量子力学
渺观	10^{-36}米 = 10^{-34}厘米	3×10^{-25}厘米	基本粒子	超弦?
?				
?				
?				

设备的能力还会提高。因此理论可以通过复杂的计算，综合成为可以同实验或观察结果相核对的结果，作间接对比。这个方法，即基础科学研究用电子计算机，今天已经在试用，效果是好的。这一方向也是将来基础科学研究要注意的。”

钱学森强调，基础科学应该接受马克思主义哲学的指导。他说：“近代科学技术经过约四百年的发展，已经成为一个以马克思主义哲学为最高概括的体系，它的演化是有规律的，因此基础科学哲学决不是像早年那样没有指导思想的摸索，而是在马克思主义哲学指导下的探索，所以途径和路牌是有的。”他深入现代科学的最前沿，运用马克思主义哲学的基本观点和方法，从“决定论与非决定论”、“渺观、微观、宏观、宇观、胀观”及“开放的复杂巨系统的研究与方法论”等三个重要方面阐述了他的意见。他说：“我之所以能提出这些看法，是从马克思主义哲学中得到启发的。这也就是我说的马克思主义哲学是智慧的源泉。所以基础科学研究应该接受马克思主义哲学指导。基础科学也是一条向前不断流去的长河，是有方向的，不是不可知的。”

四、关于对“微观决定宏观”的小尺度认识论批评

钱学森、于景元、戴汝为在《自然杂志》1990年第1期发表的文章中，批评了《宇宙全息统一论》的观点：“空谈系统运动是由子系统决定的，微观决定宏观等等。一个很典型的例子就是《宇宙全息统一论》，他们没有看到人对子系统也不能认为完全认识了。子系统内部还有更深更细的子系统，以不全知去论不知，于事何补？甚至错误地提出‘部分包含着整体的全部信息’、‘部分即整体，整体即部分，二者绝对统一’，这完全是违反客观事实的，也违反了马克思主义哲学。”

窥一斑只能猜全豹，而不可能知全豹。从一粒沙子不可能看到全世界，但是，必须从世界看每粒沙子。这就如同从庐山的一块石头，不可能知道庐山的全貌；从人的一个细

胞不可能知道人的全身情况，更不可能推知所有人的情况。但是，知道了庐山的全貌，才理解这块石头为什么存在，为什么是这个方位；知道人的全身情况，才能全方位地理解这个细胞的形态和功能。

全息现象确实存在，也需要研究。例如，医生化验一滴血用作判断和推测病情的重要参考依据。局部知识包含着整体的背景信息，而不是包含着整体的全部信息，推测和判断并不代表全知，必须懂得了整体才能真正理解局部。决不能将这样的认识倒过来，即不能用小尺度看世界，而必须用大尺度看世界。全面认识一个事物，除了要从小尺度、超小尺度去研究，还需要从大尺度、超大尺度去研究。宇宙生物学、天文气象学、天文地质学、地层学等，都是一些例子。各种尺度的研究，相互衔接起来，才能得到对事物全方位的认识。这是一个必须从哲学上讲清楚的问题。讲清楚这个问题，也很有现实意义。例如，有些厂长当上市长后，总是把城市当作一个扩大的工厂来管理，结果，该管的没管好，不该管的又管得太多了。今天的各种全球性的严重不协调问题，证明人类过去的许多决策都是错误的，是普遍的决策方式的错误。例如，人类总是用小尺度的知识决策大尺度的问题，请研究微观科学的专家来制定或论证宏观的决策。就像一位高级小提琴师担任不了交响乐指挥一样，如果硬让他干，就会做出一些貌似很有水平的错误来。

时代的发展，已经紧迫地要求担任决策、管理、领导等工作的人们，努力学习以补充或建立适应宏观决策的知识结构，增长运用大协调统筹解决和预防各种问题的能力。过去，人们常说，人从一粒沙子看世界；现在，要运用协调学，从世界看每一粒沙子。

五、开展基础科学研究对策与方法

钱学森讲过："怎样搞基础研究？从事这方面工作的同志可以考虑。我认为，在基础研究这个领域，世界性合作的阻碍可能要小一些，因为它没有什么直接的用处。所以，我们要重视基础研究，但现在又不可能在这方面投入很多物力，怎么办？加入国际合作是一个办法，像高能物理中高能加速器这类工作，就可以搞国际合作。另一方面，即'基础应用研究'，因为有'应用'的一面，所以容易得到支持。大家都知道，现在国际上吵得很热闹的所谓'常温核聚变'，一方面争论很多，有人肯定，有人怀疑，不知道开了多少次会，争论是很多的。但在美国，争议归争议，政府照样给钱。为什么呢？因为太重要了。假如真的搞清楚了，那真是不得了。所以我说基础应用研究，还是比较容易得到支持的，而最难得到支持的是基础研究。"(《创建系统学》，215～216页)

钱学森建议国家下决心增加基础研究和基础应用研究的投资比例，并作为一项大政策来对待。此外，他认为各产业系统和大企业或大企业集团也可以设置科学技术发展基金，国家在税收政策等方面给予必要的支持，以加强基础技术研究，加强有重要竞争领域的开发研究，加强高技术和传统工业的结合，从而尽快地提高我国产业技术的水平。他强调指出，基础研究要取得成效，除了要有正确的政策和增加国家投资外，更重要的是要有一支素质较高的队伍，这支队伍要有连续的学科带头人。对这支精干队伍，要给他们创造高效的研究工作环境和生活环境，一定要做到学术民主，使其能专心致志地攻关。

同时，钱学森也指出："我们已经建立了门类比较齐全的学科体系，我们已经有了一

支拥有相当数量、富有创造才华、在学术上和技术上都有相当高水平的优秀的科技工作者队伍。我们尤其不要忘记：基础研究，不论纯基础研究还是基础应用研究，都是探索性很强的工作，人的主观能动性非常重要，'死心眼儿'不行，机械唯物论也会误事；我们有辩证唯物主义这个锐利的思想武器，这是我们之所长。我想这些都是我们继续前进的很好条件。只要我们能够正视基础研究中存在的问题，在新的形势下有一种紧迫感，有一个重视和支持基础研究的稳定政策，能够很好地解决基础研究队伍中当前需要解决的若干紧迫问题，实事求是地坚持改革和开放的政策，充分利用当前有利的国际国内条件，做好基础研究内部的协调管理工作，把加强基础研究与提高产业技术结合，我们的基础研究和基础应用研究定会有一个稳定的发展，并在促进整个科学技术和经济发展中发挥重要作用。"（《也谈基础性研究》）

第六章

钱学森技术科学思想

技术,是人类在科学的指导下,在改造世界的实践过程中总结出来的经验和发展起来的各种工艺操作方法与技能,以及与此相适应的生产工具,从设计、装备、方法、规范到管理等各方面的系统知识。技术是告诉人类生产实践活动中"怎么办"的。科学产生技术,技术推动科学,二者相互促进,密切相关。

从20世纪40年代钱学森首先提出"技术科学"的概念以来,经过30多年科学实践和宣传推广,到20世纪80年代前期得到世界学术界的普遍认可。发展技术科学是钱学森历来的主张,也是他的一个重要的学术思想和科学上的追求。

一、工程技术与技术科学的出现

钱学森在《工程控制论 · 序言》(1954年版)中说:"技术科学的目的是把工程实际中所用的许多设计原则加以整理与总结,使之成为理论,因而也就把工程实际的各个不同领域的共同性显示出来,而且也有力地说明一些基本概念的重大作用。"这里,钱学森所明确的是技术科学研究的问题来自工程实践。根据钱学森的观点,工程技术是直接改造客观世界的学问。18世纪产业革命,出现了蒸汽机以后,虽然工业技术有了很大的发展,但在很长的时期里,机器的制造、生产的工艺,人们认为都是手艺人的事,是能工巧匠的事,没有把它看成是学问。

到了19世纪初,拿破仑开始在法国建立了军事工程学校,这是第一次在学校里、在高等院校的水平上培养专门的军事工程师。那时的民用工程技术还落在后面。"工程师"这个词在原来意义上是指军事

工程师。军事工程第一个扩散到民用工程的是土木工程，因为那时的军事工程主要是架桥筑路、构筑防御工事，和土木工程很相近。“土木工程”外文的原意是民用工程，是和“军用工程”相对而言的。以后，民用工程发展得就很多了，出现了各种各样的工程，如机械工程、电器工程、水利工程等等。直到19世纪的下半叶，也就是在一百多年以前，这些工程才被认可为学问，是科学了。

通常说的“设计”，是工程技术，常讲的“工艺”也应属于工程技术。有的人可能想，“工艺”好像要低一些，这是因为“工艺”的发展晚了些。实际上，“工艺”变成一门科学比设计还要难。今天的工艺问题已经非常重要了，如电焊工艺、金属切削工艺，这些都是学问，不能光说它是“工艺”。

钱学森通过对自然科学发展历史的考察认为，在19世纪末年，自然科学领域里有两个台阶，一个是基础科学，如数学、物理、化学等；另一个就是工程技术，各式各类的工程技术。从培养人来看，一个是西方国家所谓的大学，这是自然科学基础理论的东西，还有就是工程技术学院。这种情况一直延续到20世纪初。到了20世纪又有一些别的因素进来了，就是20世纪初到第一次世界大战前后出现了一种介乎工程技术跟基础科学之间的东西，用现在的名词就是叫技术科学。他举了个例子，比如应用力学是一个技术科学，什么叫应用力学？为什么叫它技术科学？如研究一个物体的运动、振动或者研究固体的变形，受了外界力量作用后的变形，这叫固体力学吧；或者是研究液体的流动，这叫流体力学；还有研究气体的运动，叫气动力学。这些东西都作为一种学问来研究。比起物理关于力学的基本理论来说，它是比较应用的，它是用物理里面的关于力学的一些基本理论如牛顿力学应用到解决实际问题，像振动、固体的变形，或者液体、气体的运动，它是比较具体的，所以相对于基础科学来讲，它是应用的，但是相对于工程技术来讲，它又为工程技术提供理论基础。所以技术科学相对基础科学是应用的，但对于工程技术，对于好几门不同的工程技术来讲又提供了理论的基础，这就叫技术科学。这个词基本是在第一次世界大战以后到第二次世界大战以前才逐步形成的一个概念，所以这个比较晚点。自然科学里面的基础科学最早，到了19世纪末20世纪初，工程技术发展起来了，技术科学就更晚些。最早的技术科学就是应用力学，后来还有很多其他技术科学如电子学、电工学等，一方面对于基础科学来讲它是应用，另一方面对于工程技术来讲它又是理论基础。可以说到了第二次世界大战时，我们对于自然科学的三个台阶的概念就比较明确了，最基础的就是基础科学，中间的是技术科学，具体的、直接改造客观世界的叫工程技术。

钱学森认为，在人类的文明史中，技术史应该是它的重头。有点奇怪的是，拜技术之赐，因而生活日益幸福的现代人，在谈论历史的时候，却往往遗漏了技术史。在技术史上最重大的转折，是因技术与科学的关系造成的，这件事情发生在19世纪和20世纪之交。这之前，技术与科学交涉不多，触点很少；这之后，“技术”很快成了“应用科学”的同义语。

二、提出“技术科学”概念第一人

钱学森曾明确指出：“我是从搞工程技术走向科学论的……”严格地讲，钱学森对技

术科学的探索与实践,是在美国从事现代火箭、导弹技术研究的开创时期起步的。他是美国现代航天科技的重要奠基人之一。在钱学森从事技术科学探索与实践的漫长岁月中,已经逐步明确地建立起了现代技术科学的理念,主要有以下几点:

(1)在现代自然科学与工程技术之间已经形成了一个独立的科学体系,即现代技术科学体系。

(2)科学与技术研究已经不再是没有计划的个人活动,任何一个大国的政府都应当认识到,现代科学与技术研究已经是增强国力和国民福利的关键所在,因此,必须进行严密、科学的组织管理。

(3)纯科学的发现与工程应用之间的距离已经缩短,自然科学家与工程师之间的差别也在缩小,在他们之间产生了一种新的职业——工程技术科学家。他们在纯科学与现代工程之间架起了桥梁,把传统工程的内涵推进到现代工程技术发展的新阶段。

(4)火箭、导弹等复杂工程系统同其他简单工程装备的开发与运用完全不同,必须建立一种新的组织管理机制,用新的理论、技术思想和方法进行研究、开发和运用。

钱学森一生从事技术科学的研究和应用,对于技术科学的作用、地位以及与社会的关系有着全面而深刻的认识。早在1947年,他第一次回国在浙江大学、交通大学和清华大学等处作的题为《工程与工程科学》(1948年在美国发表题为:Engineering and Engineering Science)的报告中就清楚地、辩证地阐明了两者的关系。他指出:"人们也许会说,在工业时代的开创时期,技术和科学研究就与工业发展有关,那么为什么今天把研究工作说得如此重要?这个问题的答案是,出于国内和国际竞争的需要,现代工业必须以越来越高的速度发展。做到如此高的发展速度,就必须大大强化研究工作,把基础科学的发现几乎马上用上去。也许,没有什么比把战时雷达和核能的发展作为例子更为突出的了。雷达技术和核能的成功开发为盟方取得第二次世界大战的胜利作出了重要贡献是公认的事实。短短数年,紧张的研究工作把基础物理学的发现,通过实用的工程,变成了战争武器的成功应用。这样,纯科学上的事实与工业应用间的距离现在很短了。换句话说,长头发纯科学家和短头发工程师的差别其实很小,为了使工业得到有成效的发展,他们间的密切合作是不可少的。"

他认为从科学原理到工程技术之间有一个桥梁,那就是技术科学。他指出:"纯科学家与从事实用工作的工程师间密切合作的需要,产生了一个新的行业——技术研究家或技术科学家。他们成为纯粹科学家和工程师之间的桥梁。他们是将基础科学知识应用于工程问题的那些人……"

钱学森五十多年前的这一论断,把科学研究细分为纯科学,即基础科学研究(如天文学、数学、粒子物理学等)和技术科学研究两个方面,并阐述了它们与工程技术之间的关系。基础科学向技术科学提供新知识、新原理、新概念、新目标等系统的理论基础,而技术科学作为科学发现和产业发展之间的桥梁向工程技术源源不断地提供新途径、新方法、新技术和新工艺等基础技术,推动工程技术迅速进步,从而使工程技术充分发挥推动人类文明进步的发动机作用。为了达到这样的目的,技术科学家必须充分掌握自然科学的最新成果,深刻了解工程存在的基本问题。因为工程师们面临的是多因素、复杂的实

际问题，而技术科学家必须善于从这些实际问题中找到主要矛盾，创立有充分基础科学依据的、能被工程师用于设计的、有预测能力的定量理论。当发现基础科学的已有成果不够用时，也需要吸收和运用工程中经验性的规律和判断。所以技术科学在这一点上不同于基础科学。另一方面，技术科学又不同于工程技术，因为它的中心目的是研究和解决某类工程技术中带有普遍性的问题，而主要不是研究一个个具体的工程技术问题。他的深刻分析对今天我国科技政策的制定仍具有重要意义。

钱学森一直认为，在技术科学中，要大胆地把试验结果和经验数据与基础理论密切地结合起来去研究和解决新问题和复杂问题。如果自然科学现有知识不足，那么，就要努力去发现和建立新的理论、概念和方法。

技术科学思想是钱学森现代科学技术思想的重要组成部分。1947 年，在访问当时的浙江大学、交通大学和清华大学时，他向师生们作的报告，返回美国后将该报告以论文形式发表。1955 年回归祖国后发表的第一篇论文就是《论技术科学》。这两篇论文对技术科学的内涵和特点、技术科学与基础科学和工程技术的关系、技术科学的意义和作用、技术科学形成的历史背景、技术科学观点和方法论、技术科学教育等作了全面的论述。这是对技术科学最完整、最系统的概括，起到了全面界定技术科学的历史性作用。

技术科学思想在钱学森全部科学技术的实践活动中占有重要的位置，为创建和发展我国的航天事业发挥了十分重要的作用。钱学森在《工程与工程科学》一文的开篇处写道："人们回顾半个世纪来人类社会的进步，无不对技术和科学研究的重要性，作为国家和国际性事务的一个决定性因素，所受重视程度的巨大提高有深刻的印象。很显然，虽然在早期，技术与科学研究是未加计划的、个体的方式进行的，可是到了今天，在任何主要国家这种研究都是受到认真调控的。因而，如同长期以来的农业、金融政策或者外交关系一样，技术与科学研究现已成为国家的事情。认真考察研究工作的重要性得到如此重视的原因，自然地会得出这样的答案，即研究工作现在是现代工业整体中的一个组成部分，不提到研究工作就谈不上现代工业。既然工业是国家富强的基础，技术和科学研究就是国家富强的关键。"

到了 20 世纪中叶，人们确实已经普遍地认识到了技术科学的重要性。

1957 年，钱学森在《科学通报》上发表的《论技术科学》，按国内的习惯将"工程科学"改名为"技术科学"。钱学森讲过"技术科学"这个词的英文可译成"Engineering Science"，可以理解为"技术科学"就是为工程技术提供理论技术的科学，以建设有科学基础的工程技术。它不是自然科学本身，也不是工程技术本身，它是介乎自然科学和工程技术之间，促成两者的综合，也可以是两者之间的桥梁。人类进步，有认识世界和改造世界两方面的任务，有自然科学和工程技术分工承担，但分工又必须综合，才能有效地向前进步和发展。技术科学就是从综合自然科学和工程技术，并为双方服务所产生出来的。它的综合与服务也有利于自身的发展与创新，并做出有技术科学特色的贡献。

钱学森首先把技术科学界定为自然科学与工程技术的桥梁，同时指出技术科学研究也是一种富有创造性的劳动。他指出："我们不能只看到自然科学作为工程技术基础这一方面，而忽略了反过来的一面，也就是技术科学对自然科学的贡献。"就是说，技术科学

和工程技术实践也会导致科学上的原创性发现。他进而以工程控制论和运筹学（当时称为运用学）为例，指出在自然科学领域里没有它们的祖先。他还很有预见地提到，技术科学贡献甚至不限于自然科学领域。这事实上驳斥了一种流行的论点，认为唯有自然科学才是认识的源泉。今天，信息科学和系统科学的蓬勃发展进一步表明钱学森当时的认识是非常富有远见的。钱学森根据科学的性质，提出了"技术科学"这一科学领域的内涵，并结合中国的国情，加以大力倡导。"技术科学是关于技术的基本理论的科学。以人与自然为研究对象，以技术客体为认识目标，通过技术理论的建立与应用，给出工程技术客体的有效设计和计算方法，为人类控制和改造自然提供理论。它是介于基础科学和应用科学的中间环节，它既是基础科学的特殊应用，又对应用科学有普遍指导作用。"（《辞海》1999 年版，第 810 页，上海辞书出版社）《辞海》中对技术科学一词的上述定义，从方方面面映射出钱学森对这一问题的阐述。

三、钱学森的"技术科学"概念得到世界学术界的公认

日本学者川上正光博士在《学术月报》（[日]1987 年 1 月号）发表文章指出："世界上最先提出'技术科学'这一概念的是中国的物理学家钱学森。由于在科学里产生出'工程技术'的理论，所以钱学森将过去常常不合的'自然科学'和'工程技术'进行统一，以自然科学和工学技术作为媒介，主张必须导入'技术科学'这一新的部门。"

川上正光博士还引用钱学森在《论技术科学》中的论述，所谓技术科学具有如下的属性：

（1）直接应用有关自然界事物的经验是工程技术。自然科学是先将有关经验应用于生产中，然后分析这些经验，进行整理、总结的学问。

（2）技术科学是从自然科学和工程技术的结合中产生出来的学问，是含有基础科学的工程技术的理论。

（3）从其他方面看，技术科学是从实践的经验出发，经过科学的分析和精炼，创造出来的工程技术理论。

（4）技术科学的主要作用是从工程技术的实践中提取原来具备的一般性研究对象，将其研究的成果普遍应用于工程技术的问题之中。

对于钱学森提出的技术科学论，川上正光博士是大力的提倡者。他也提出自己的见解，更加强调利用理学和工学，高效率生产高质量产品这一实践的侧面。他认为技术科学担当着实践的领域，以学问作为手段，主要的目的是创造尖端的生产技术和专门技术及发明创造。换言之，技术科学就像在医学界里，关联基础医学和病理医学的临床医学一样。技术科学以实现多样的技术为对象，而形成的技术体系，是关于技术的科学。一般而言，技术科学有如下特征：

（1）技术科学不能失去和现实工业生产接触的机会。要从创造物和系统的生产过程实践中发现技术课题。

（2）对于这些课题进行科学的分析、整理和研究，将研究出的成果普遍应用于工业生产，解决生产上的各种问题。

(3)技术科学是从实践中导出学理,再将这一学理应用于实践中。通过学理－实践的反馈作用,达到学理(理论)与实践(经验)的融合。

(4)技术科学融贯于生产全过程中,可广泛地运用工学基础学、软件高技术及管理科学等诸科学,普遍应用于工业生产中。

技术科学的主要特点是从技术的实践中发现研究课题,加以科学的分析,进而将所得的学理和理论,在技术的实践和经验过程中进行实验。

关于理论和实践的融合问题,是进行新技术革新的过程,是目前世界先进工业国共同研究的课题,即如何把大学和国家科研院所的研究成果应用到民用工业部门上去。这是增强工业产品国际竞争力的重要环节,为此现在世界各国都努力探讨两者间的衔接问题。

四、技术科学与基础科学和工程技术的关系

在人类文明的历史上,曾经有很长的一段时间,自然科学(即基础科学)与工程技术是沿着各自的道路分别发展的。虽然两者之间客观上有着深刻的联系,而且有的人既是科学家也是工程师,但是科学与技术被认为是两种不同的行业。那时的自然科学追求的是客观世界的规律,而工程技术主要靠实践得到的经验来满足社会对物质生产的需要。

社会经济的发展和国力的增强需要依靠工业与工程技术的推动发展,而自然科学的理论可以加速它们的发展。这种自觉的认识直到20世纪初才逐步形成,钱学森在他的报告里对此作了详细的阐述。由于当时的工业与自然科学中的力学的关系最为密切,自然科学与工程技术的结合最早便以应用力学的形式在德国出现,并很快在世界上的发达国家得到推广。

历史证明,这种认识是十分正确的。上世纪前半叶迅速发展的航空工业就是一个突出的例子,原子弹的研究同样也是一个很好的例证。爱因斯坦确立了质量与能量间转换的原理和定量规律,物理学家和化学家发现了裂变物质,并且从原理上指出制造原子弹的可能性。然而原子弹的实现却是自然科学家和工程师为了一个共同的工程目标,遵循技术科学发展的规律,经过不断探索和密切合作才取得的结果;第二次世界大战期间的雷达技术,也是沿着这样的思路发展的。这一个又一个成功工程技术事例,进一步证明了技术科学的重要作用。

工程技术发展的这类实例逐渐使更多的人认识到,在自然科学和工程技术之间,存在着一个相对独立的、以自然科学成果为指导、以解决工程技术问题为目的的科学领域,这就是技术科学。

从1936年到1945年,钱学森目睹了核科学技术和雷达技术的发展。他对技术科学有系统而深刻的了解和独特的见解。他认为,在自然科学与工程技术之间,客观上存在着的技术科学将二者联系起来。为了促进工程技术的发展和增强国力,应当着力发展这一个科学领域。为此,他对技术科学的目标和性质,技术科学特有的观点和方法论,在当时所包括的或所应包括的内容以及教育等,作了全面而深刻的阐述。应当说这是对技术科学最好的概括,起到了对技术科学界定的历史作用。

五、技术科学哲学及技术科学研究方法(论)

1. 技术哲学

技术哲学的产生溯源久远,很早就有人对技术进行总体思考。我国古代就有人论及"工巧",即工匠的技能、技艺,如《考工记》讲到"天有时,地有气,材有美,工有巧,合此四者可以为良"。亚里士多德则从目的、动力、形式和质料这四个方面分析了技能。近代学者对技术有更多的思考,达·芬奇、培根、狄德罗、黑格尔等都谈到技术在认识和改造自然中的地位和作用。

钱学森认为,对技术发展的研究在马克思主义哲学的理论体系中也占有重要的地位。马克思主义的产生离不开对自然科学和技术成就的概括总结。马克思在写作《资本论》时认真研究了从古代到 19 世纪中叶的技术史资料,对技术的意义、技术发展的规律性以及技术应用的社会条件作了深刻的阐述。技术在人与自然的联系上,具有极为重要的作用。研究人类能动地利用、控制和变革自然的一般规律性,研究技术发展和应用的社会条件和社会意义,是技术哲学的重要内容,所以技术哲学应与自然哲学和科学哲学一样,引起我国哲学工作者和科技工作者的关注,并使之成为我国哲学领域的重要组成部分。钱学森同时指出,目前我国的技术哲学研究应该注意两个问题。

(1)要坚持以马克思主义为指导,认真分析评述国外技术哲学的研究成果。应该承认西方技术哲学中有不少值得消化吸收的东西。邦格曾提及,人类历史上只有三位伟大哲学家密切关注过科学技术,就是亚里士多德、马克思和罗素。拉普在介绍技术哲学时一再讲到马克思的贡献,认为马克思看到人的劳动和劳动的人对技术哲学十分重要。他指出,马克思列宁主义的技术哲学可以看作是一种确定的有特色的重要思想,因为马克思、恩格斯和列宁已经奠定了基础,比如,对历史唯物主义的解释、关于劳动和生产过程的基本观点等。

在西方技术哲学的研究中,始终存在着两条主线:一条是自然物—技术物—人的意识之间的关系;另一条是自然发展—技术发展—社会发展之间的关系。前者是将技术作为生产中的一个环节,对技术本身进行研究,后者是把技术放在整个自然和社会系统中去考察。这两方面相互交叉使其理论渗透到许多学科领域,取得了积极的成果,如重视对技术本质特征的分析,重视对技术发展历史本身的研究,重视技术的社会经济作用等等。

(2)要理论与实际结合,加强对现实问题的分析概括,力争使技术哲学的研究有益于我国技术、经济和社会发展。现代技术哲学的兴起不仅是科学技术本身发展的结果,而且也是科学技术"自我意识"的表现,是以探讨科学技术与经济、社会的相互作用和相互协调为契机的。第一,现代技术的社会地位和功能大大提高,既日益成为"历史的有力杠杆",又能在成果得不到正确利用的情况下,给人类带来深刻灾难;第二,现代技术系统的个门类、各层次间的内部联系开始显现出来,有必要也有可能把技术作为一个独立的研究对象,揭示其体系结构和发展规律;第三,技术发明和应用已从个体研究发展成为集团、国家甚至国际的研究活动,不仅在生产领域,而且几乎扩展到人类社会生活的一切领

域，对技术实践进行科学规划、组织和管理的要求愈来愈迫切；第四，科学史、技术史的研究已经积累了相当多的资料和经验，为技术哲学的研究作了必要的理论准备，也提供了新的研究手段。

技术哲学不等于现实技术活动和技术政策，考察现实的技术问题也不等于技术哲学研究，但技术哲学要有现实性，要作到理论与实践的结合就必须关心实际的技术活动。与现实技术发展相关，并值得作哲理性或总体性思考的问题是很多的。如人们常说我国的技术水平低，但技术水平究竟指什么而言，是技术研究论文还是技术研究鉴定成果的水平，或者是发明创造和专利项目的数量、质量，或者是其他什么东西呢？企业技术创新是当前的一个热点，但技术创新究竟有哪些类型和规律，它与技术开发有何关系？这些现实问题都是值得我们注意的。

（3）技术科学首先是服务于工程技术。在半个世纪以前，钱学森提出技术与科学“是国家富强的关键”，其爱国情操和洞察能力跃然纸上。在这里，钱学森认为，技术科学首先是服务于工程技术的，为工程技术提供新原理、新概念、新目标、新途径、新方法、新技术和新工艺等系统的理论基础与基础技术，促进和带动新产业和高技术的建立和发展。为了达到这样的目的，它必须充分掌握自然科学的最新成果，并深刻了解工程中存在的基本问题。工程师面临的是多因素、复杂的实际问题，技术科学家必须善于从这些问题中找到主要矛盾，创立有充分自然科学依据的、能被工程师用于设计的、有预测能力的定量理论。技术科学家的目标是建立近似的实用理论，当发现自然科学的已有成果不够用时，也需要吸收和运用工程中经验性的规律和判断。技术科学在这一点上不同于自然科学。另一方面，技术科学又不同于工程技术，因为它的中心目的是研究和解决某类工程技术中带有普遍性的问题，而主要不是一个个具体的工程技术问题。钱学森还强调，数学和计算数学作为一种工具，占有十分重要的地位。

2. 技术科学研究方法（论）

技术科学方法论是钱学森科学方法论体系中很重要的一个方面，早在1957年，钱学森就对技术科学中的方法论问题发表过两点重要看法（《关于思维科学》，11～12页）：

第一点是技术科学的研究方法，尤其是怎样用辩证唯物论来提高技术科学研究的效率。因为技术科学是介乎自然科学（特别是基础科学）和工程技术之间的学问，是同生产有密切关系的学问，一项技术科学研究的成功与失败，完全要看它在生产上起不起作用，能不能改进生产方法，所以，技术科学工作者是比较容易克服唯心的、不合实际情况的倾向的。由于技术科学又和工程技术不同，它也要有理论的依据，要有繁复的数学分析，所以它又不是全部靠经验的学科。因此，在技术科学的研究里，最重要的一件事是怎样把理论和实际结合起来，而其中最困难的是结合理论和实际这一个工作并不只是把自然科学的规律和理论应用到实际问题上去。要是如此，那岂不是一个简单的推演工作吗？其实，自然科学虽然在近百年来有了飞跃的发展，但它们仍然不是尽善尽美的，仍然要发展前进的，这也就是说今天的自然科学决不能包罗万象，总有些东西没有包罗进去；而这些还没有被收纳到已经被发现的自然科学规律和理论里去的

东西，就很有可能在实际问题中出现，因此，技术科学的研究，一方面要尽量利用自然科学的成就，而另一方面又不能完全依靠自然科学的成就。这也就是说，在技术科学的研究中，我们把理论和实际要灵活地结合，不能刻板行事。我想这个灵活地结合理论与实际也就是辩证唯物主义的精髓了。因此，我认为世界上第一流的技术科学家们都是自发的辩证唯物论者，他们的研究方法是值得总结的。而有了辩证唯物论，我们也可以把它用到技术科学的研究上去，提高研究的效率，少走弯路！

第二点是工程师们常常运用的经验方法，联想方法，或者简直是猜想方法，到底是怎么一回事？显然地，这些工程师们常用的工作方法是很有效的。也可以说越是好的工程师，他就越会运用这些方法来解决看来很复杂、不能够用“死板的科学方法”来解决的实际问题。世界上有千千万万的工程师，他们或多或少都在用这些“不科学”的办法，我们应该把这些方法搞清楚，总结出来。因为这些方法是在形式逻辑之外的，对这些方法的研究就一定能够丰富自然辩证法。

钱学森在《论技术科学》中指出：“作为一个技术工作者，必须经常注意数学和计算机方面的发展，要能灵敏地认出对技术科学有用的新数学和算法，快速地加以利用。”“实际上技术科学中的数学演算一般要比自然科学多，有时多得成了工作量的主要部分。一项好的技术科学的理论研究，它所用的数学和计算方法必定是最有效的。”他又告诫，不能误认为数学是技术科学研究的关键。关键是什么呢？他说：“技术科学工作中最主要的一点是对所研究问题的认识。认识包括确定问题的要点在哪里，问题中哪些是主要因素和次要因素。要运用自然科学的理论来了解机理，首先要收集有关问题的资料，特别是实验和现场的观察数据，在分析资料的过程中依靠自然科学的规律，将它当作摸索道路的指南针，经过多次反复的理论和实验的过程，找出解决问题的途径。在把问题认识清楚以后，下一步就是建立数学模型。模型不等于现象本身，但吸收了一切主要因素，反映现象的内在机理，是根据认识简化问题本质的表达。再下一步就是数学分析和计算了，这一步工作出现在科学报告中的主要部分，但不是技术科学工作中的主要创造部分。它的功用在于通过它才能使我们的理论和事实相比较，考验我们的理论。”

第七章 钱学森工程哲学思想

工程，是人类有组织地综合运用多门科学技术进行的大规模改造世界的活动，也是人类在生产实践中的经验总结，又通过生产实践不断提高和发展，其目的在于利用和改造自然来为人类服务，如机械工程、生物工程、医学工程等，具体的基本建设项目如三峡水利工程、西气东输工程、西电东送工程、南水北调工程，青藏铁路工程等。一项工程除了要考虑技术的先进性、可行性和安全性之外，还要考虑成本和质量，做到经济、实用、美观，它的成功有赖于多种科学技术的综合集成和科学的管理。钱学森一生的科学技术实践主要在工程技术领域，他对工程技术科学作出了杰出的贡献。

一、钱学森工程哲学思想

在近现代历史进程中，许多具体科学学科从哲学中分化出去，哲学经历了一个“纯粹化”、“专业化”和缩小阵地的过程。现在，哲学的“收缩”已到极点。物极必反，哲学现在应该大举“收复失地”了。但这种“收复失地”并不是再现“知识汇总”的“辉煌”，而只能是和应该是以哲学专业的方法，面对、参与和研究其他学科中的哲学问题，特别是直接改造客观世界的工程实践中提出的哲学问题。钱学森的现代科学技术体系结构，为哲学在“收复失地”的进军中指明了具体的“扩张”方向和领域。

笛卡儿所提出的“我思故我在”这一口号是众所公认的西方哲学从中世纪经院哲学转向认识论哲学的标志。马克思说过：“哲学家们只是用不同的方式解释世界，而问题在于改变世界。”(《马克思恩格斯全集》第 1 卷，第 19 页)在哲学进入 21 世纪的今天，我们应该提出“我

造物故我在”和“我用物故我在”，或者“我造物和用物，故我在”这样一些响亮的口号，实现哲学从以认识论为重心向以认识论和创造论并重的历史性转变。

作为智慧学的哲学研究的第一主题，应该是对造物智慧和用物智慧的研究。遗憾的是，东西方的哲学在历史上都迷失了这个主题。

根据钱学森的工程哲学思想，开展对“造物”和“用物”主题的研究，将是带有开拓和创新意义的工作。这项工作就是对工程哲学的研究。工程哲学研究的核心主题不是学院式或文献式的研究，它的核心主题应该是研究所有工程实践中所提出的工程哲学问题。这才是工程哲学根本生命力的来源。

钱学森谈到工程技术的特点时说：“工程技术有特点，就是要改造客观世界并取得实际成果，这就离不开具体的环境和条件，必须有什么问题解决什么问题；工程技术避不开客观事物的复杂性，所以必然要同时运用多个学科的成果。一切工程技术无不如此。例如水利工程，它要用水力学、水动力学、结构力学、材料力学、电工学等，以及经济、环境、工农业生产等多方面的知识。所以凡是工程技术都是综合性的。”(《论系统工程》,535 页)

科学技术发展的历史证明，要把科学发明和创新应用与生产实践，要把技术转化为产品，事实上比科研更难。比如，赖特兄弟发明了飞机，却因各种原因难以推向实用；摩尔发明了电报，并没有力量迅速将其全面推广到实际使用等等。

正因为如此，关于科学技术创新和推广的问题，英国植物学家查尔斯·达尔文之子佛朗西斯·达尔文(1884—1925)有过一句精辟的评说。他说：“在科学中，重要的是说服世界的那个人，而不是首先想到点子的那个人。”以此标准来衡量，钱学森不仅把自己想到的很多好的点子，做到了亲自把它推广到实际应用，而且把其他科学家的许多好点子也能推广应用到实际当中，说服世界，让人们接受它，让它造福人类。比如，他倡导系统工程，并把它亲手推广应用到我国社会主义建设的各行各业，获得了极其巨大的效益。又比如，1948 年，美国科学家 N·维纳首先提出了控制论，然而，是钱学森首先把它应用于工程实践，并开创了工程控制论。

在科学技术史上，想到点子有发明创造的人不少，用点子说服世界的人也不少，但既能想到点子又能说服世界的人就比较少了。以此衡量，钱学森可谓功莫大焉。

科学创新和技术发明在我国乃至全世界都有一个大家熟视无睹而又无奈的现象。科研成果完成，验收评奖一结束，就束之高阁或进了档案柜，能尽快转变成生产力的并不多。钱学森说服世界的最大贡献还在于，他为中国的科技事业树立了一个用科研成果武装公众、改变生产实践的绝好榜样。因为，钱学森所崇尚的就是：认识世界的目的，就是为了更好地改造世界。

二、工程技术和技术科学与基础科学的关系

1984 年 10 月 22 日，钱学森在一次学术讨论会上对工程技术与技术科学、基础科学的关系作了辩证的阐述。他说：

> 从前常有一种说法，好像有了基础科学，它的原理才能被应用，去发展技术科学；有了技术科学，它的道理才会被应用来搞工程技术，好像是这么一种关

系。这个关系是有的。基础科学的研究促进技术科学的发展,技术科学的发展又可以促进工程技术的发展。但是,我觉得我们还要从另外一个角度看这个问题,也就是,实际问题是放在那儿,那么你要解决这些实际问题,工程技术类型的问题,你是不是非得等到基础科学发展到一定阶段,直到告诉你怎么解决这一些问题了,你才去解决呢?就是说,基础科学还没有发展到这一阶段,你有技术科学的问题,要你去理解,你是不是去等呢?我觉得工程技术的问题不能去等技术科学,技术科学的问题也不能去等待基础科学。这种等待的思想也是不对的,是不符合马克思主义哲学。我认为上一级的东西管下一级,下一级要是没有上一级,下一级就没法子办,这没有辨证法。基础科学、技术科学、工程技术它们的关系既有基础科学提供素材给技术科学,技术科学提供素材给工程技术这样一方面,又有另外一个方面,就是工程技术的发展为技术科学提供素材,而技术科学的发展又为基础科学提供素材。这才是合乎辩证唯物主义。我举个例子大家可以看得很清楚了。比如化学的发展,什么是化学呢?化学是原子间的作用、关系、结构。化学分子是原子构成的。是不是我们要等到对原子、原子核、基本粒子都理解清楚了我们才去研究化学呢?当然不是,实际上也不是这样。化学的发展远远早于原子物理的发展、基本粒子物理的发展。这不是说明了吗?我看我们对于解决实践上发生的问题恐怕要有这么一个态度,不能等待基础科学。工程技术问题也不能等待技术科学。都要自己去努力。当然,比如说,工程技术问题,如果技术科学有所发展,那当然很好。技术科学的问题,如果基础科学有所发展,有所发现,那当然很好了,但是你不能等呀。

假设我们只限于解决工程技术问题,那你会碰到困难,有时现象的机制没搞清楚,你就要去解决具体问题,这有困难。这就说明技术科学的重要性。技术科学的研究是为了发展工程技术,你要不去研究工程技术问题,那么你这个技术科学的题目从什么地方来,就成问题了。我从前搞的东西是从技术科学到工程技术,最近我老宣传这个观点,我说这两个东西一定要结合搞。过去比较成功的经验就是这两个结合着搞。从前我是搞应用力学的,应用力学属于技术科学。但是搞应用力学都是为了解决这些问题,那时是为了发展航空、航天。而这样一种左右开弓的做法是非常有效的。比如说只管工程技术,解决应用、攻关,其他的技术科学问题也不要搞,我看最后是不行的。当然了,只搞基础的,不搞应用的那也不行。

三、工程技术方法论及系统工程方法论

在谈到工程技术层次的方法论时,钱学森常常提醒科技人员:"在工程技术方面,生产实践当中提出了很多问题,有些在实践中提出的问题和经验对于科学的总结和提高是很重要的素材。不强调这方面的问题,不重视这方面的问题是不对的。作为科学技术人员,他的耳朵、眼睛不要不看不听这些东西,这些是我们工作的很重要的线索。"(《人体科学与现代科技发展纵横观》,42 页)

系统工程方法论属于现代科学技术体系工程技术层次的方法论之一。系统工程研究的对象是复杂大系统。一般情况下,系统包括“硬件”单元,也包含“软件”要素,尤其是人的行为。因此,要有独特的思考问题和处理问题的方法,要有多种技术方案进行求解。这就是系统工程方法论。系统工程方法论除一般的数学描述方法和逻辑推理方法外,还有工程技术的规范和社会科学的艺术等。描述性、逻辑性、规范性、艺术性这些特点交织在一起,构成了系统工程独特的思想方法、理论基础、基本程序和方法步骤。系统工程方法论的基本特点是:研究方法强调整体性,技术应用强调综合性,管理决策强调科学性等。

在系统工程的研究和应用中,人们逐渐地探索、积累和总结出多种科学的工作方法和程序。具有代表性的主要有美国的霍尔(A. D. Hall)的“三维结构”模式、美国国防分析研究所提出的“并行工程方法学”、英国的切克兰德(Checkland, P.)的“调查学习”模式等。钱学森不仅非常重视系统工程方法论的运用,并且有深刻的领悟,他还提炼和丰富了系统工程方法论。

四、工程哲学研究的展望

工程哲学研究是跨学科性质的研究,它是整个工程技术科学与哲学的对话与互动。只有熟悉工程技术科学的哲学家与熟悉哲学的工程技术科学家才有可能在这个领域作出真正的贡献。如果仅仅把工程技术科学的“材料”简单、生硬地塞到现有哲学的“框架”里,或者给现有的哲学“理论”找几条工程技术科学“例证”,那不能被认为是真正的工程哲学研究。

一旦我们跨入工程哲学这个研究领域,我们便会发现接踵而至的富有挑战性的问题,而这些问题正是理论发展的起点。工程哲学的研究肯定会对整个哲学的研究起到有力的推动作用。

目前,工程哲学研究无论是在国内还是国外,都正在引起愈来愈多的学者的兴趣和重视,已经出现了一些很有参考价值的工程哲学方面的研究著作,如《工程哲学》等。我们应该注意吸取和借鉴国外学者在这方面的研究成果,并加强这方面的国内外学术交流。

自然辩证法工作者在以往曾把学习科学与技术知识、研究科学技术哲学问题放在特别重要的地位。在这方面我们当然还有许多工作要做,要解决一个不应被忽视的问题,这就是,我们中的许多人应该把学习工程技术科学知识,研究工程哲学放在特别重要的地位。在工程哲学的研究中,我们应该坚持并发展马克思主义的传统。这是自然辩证法学科建设与发展的内在逻辑提出的要求,也是时代提出的要求。目前,我们的自然辩证法教科书基本上是自然观、科学技术观、科学技术方法论这样“三大块”的结构,也许我们可以展望一下未来的教科书可以逐步过渡为自然哲学、科学技术哲学和工程哲学这样“三大块”的结构。

当今工程科学技术,特别是军事工程技术,随着信息技术的飞速发展和广泛应用,迎来了构建“一体化军事装备系统”即“军事装备体系建设”的新时代。与之相适应,科学方法论必将迎来“还原论”与“整体论”相结合,走向“系统论”发展的新阶段。现代工程科学技术的发展已经进入了以若干单项高新技术突破为支撑,“综合集成”为主要创新手

段，社会化、高度社会化研究与开发活动为主要组织形式，复杂工程系统的开发、建设与运用的科学管理为主要特征的新时代。如果我们在经济社会发展和装备建设发展的过程中，运用系统科学的理论和方法，建立起社会发展和装备建设发展的新机制，将为我国经济社会发展和装备建设的宏观谋划增添新的活力。

第八章

钱学森现代科学技术体系结构

钱学森提出的清晰的现代科学技术体系结构，是他系统科学思想最重要的理论成果之一。现代科学技术的发展，已经取得了巨大成就。今天，人类正探索着从渺观、微观、宏观、宇观直到胀观五个层次时空范围的客观世界。其中宏观层次就是我们所在的地球，又产生了生命、生物、出现了人类和人类社会。现在，对这些的研究已形成了众多的科学领域和学科。据统计，目前国内已有 1 000 多种研究领域和 4 000 多个学科，今后肯定还将产生新的学科。不管有多少种学科，就整体而言，现代科学所研究的对象是整个客观世界，包括自然的和人造的。

钱学森将当代科学技术发展状况，归纳为十一个紧密相连的科学技术部门。这十一大科学技术部门的划分方法，正是钱学森运用马克思主义哲学，特别是系统论对科学分类方法的又一大创新。他提出，这十一大科学技术部门的划分不在于各学科研究对象之不同，而在于它研究问题或看问题的角度不同。它们的研究对象都是统一的，即整个客观世界。

本章对钱学森几十年来精心构筑的现代科学技术体系的结构作了整体概述。首先概括了钱学森现代科学技术体系的总体结构，接着对十一大部门科学技术的体系结构、纵向科学部门划分和横向综合分别作了概述，对知识结构整体性、开放性，以及整体构筑科学大部门的科学思想作了理论阐述。综观全篇可以使我们清晰地看到，现代科学技术体系是一个整体联系的结构。

一、钱学森现代科学技术体系结构概况

在科学技术体系学中，其总体结构包括纵向的门类结构和横向的层次结构，统称为原级结构。钱学森现代科学技术体系结构如表 8 - 1 所示。其纵向是一个马克思主义哲学，十一座桥梁，十一大部门；而横向也就是基础科学、技术科学和工程技术三个层次，或者加上马克思主义哲学，叫作四个台阶。

十一大科学技术部门的划分，现在看来并非研究对象之不同，它们都是研究整个客观世界，只是着眼点、侧重点不一样。自然科学研究整个客观物质在时空中运动这个侧面；社会科学是研究整个客观世界中人类社会的运动和发展；数学科学是研究客观世界中数量与质量的辩证统一；系统科学就是从系统的结构与功能的观点出发去研究整个客观世界；思维科学是从人认识整个客观世界的角度去研究；文艺理论是从美的角度去研究的；军事科学早已不限于战争，而是从矛盾斗争的角度去研究整个世界，包括"科技战"、"智力战"，还有商战；而行为科学是从个人与社会的相互作用这个角度去研究整个客观世界的。

马克思主义哲学的核心是辩证唯物主义。这个核心加上通过十一大科学技术部门的桥梁就形成了马克思主义哲学本身的体系结构。但哲学体系又不独立于现代科学技术之外，而是通过十一架桥梁，指导着十一大部门的研究工作，这是我们科学技术发展的一个根本思想。

钱学森特别强调科学体系是个开放体系而不是封闭体系，指出它在全人类不断认识和改造客观世界的活动中发展变化。早在 1977 年，他就描绘了这个体系在历史上的演化，指出在 16 世纪以前只有科学的部分成果，形不成体系，我们讲科学自文艺复兴起，也只是指自然科学。到 19 世纪中叶，由于马克思科学社会主义的创立，真正的社会科学才诞生，同时也建立了指导一切的马克思主义哲学。那时的社会科学还没有数学方法，到 20 世纪 40 年代以后数学科学才成为一门独立的科学。他当时还只认识到自然科学、社会科学、数学科学这三大部门，后来又不断地根据现代科学技术的迅速发展，作了多次调整改变。1982 年，他比较完整地提到现代科学体系的六大部门，增加了三个崭新的科学技术部门：系统科学、思维科学和人体科学；同年 7 月又很快地作了调整，又增加了文艺理论和军事科学两大部门；1985 年又增加了行为科学，形成了如表 8 - 1 所示那样的一个总体结构。然而他还是再三申明它的发展变化，到 1991 年授奖仪式上明确指出，它是人类认识客观世界，改造客观世界的整个知识体系。

二、十一大科学部门的体系结构

十几年来，钱学森不仅精心构筑了现代科学技术体系总体结构；而且对各部门科学的体系结构，也作了科学的划分。

1. 自然科学大部门

现代科学体系发源于自然科学。在现代科学体系结构中，最完整、最明确的一个部门是自然科学以及经典意义的工程技术。整个科学的体系结构以及各部门科学的体系

结构，都是从自然科学的体系中得以借鉴的。

表 8－1　钱学森现代科学技术体系的结构

马克思主义哲学—人认识客观和主观世界的科学												哲学
性智←——		——→量智										哲学
文艺活动	美学	建筑哲学	社会论	军事哲学	地理哲学	人天观	认识论	系统论	数学哲学	唯物史观	自然辩证法	桥梁
文艺活动	文艺理论	建	行	军	地	人	思	系	数	社	自	基础理论
↑		筑科	为科	事科	理科	体科	维科	统科	学科	会科	然科	技术科学
↑	文艺创作	学	学	学	学	学	学	学	学	学	学	工程技术
实践经验知识库和哲学思维												前科学
不成文的实践感受												前科学

自然科学完整的体系，由四个台阶、一座桥梁构成。它的最高层是马克思主义哲学，通过一座桥梁——自然辩证法，然后是自然科学的基础科学，再就是更接近应用的技术科学——应用科学，最后是直接改造客观世界的工程技术。这个体系的形成，自文艺复兴起，到本世纪的上半叶，经过了四百多年的发展历史。由于那时条件的限制，人们对整个自然界探究不到的空白，只能用思辨甚至猜想的方法来填补，所以自然哲学有的是科学，有的不是科学。真正的科学自 16 世纪开始，到 19 世纪的末叶，历史上将这时的科学叫作近代科学。在这个时期，前三百多年还是恩格斯所称的“收集材料”、结合为一个“伟大整体的联系的科学”。恩格斯本人还把自然科学和马克思主义哲学联系起来，写出了《自然辩证法》。然而这与自然科学又有区别，它还只是作为认识客观世界的学问，而今天自然科学中的基础科学，如天文学、物理学、力学、声学等等，还没有直接用来改造世界。在那时，改造客观世界的能工巧匠只被认为是有才能的人，而他们的才能还没有总结成为学问，特别是能在高等院校里讲授的学问。直到上个世纪的下半叶，在自然科学体系中才出现了改造客观世界的工程技术这个层次。到了本世纪的上半叶，又出现了介

乎工程技术和基础科学之间的技术科学，最后才形成了这个比较完整的体系。

至此，自然科学的结构体系仍在不断地变化，走向更为严密坚实。今天，现代科学技术已经发展成为一个很严密的综合起来的体系，这是现代科学技术的一个很重要的特点。自然科学的基础科学——天、地、生、化这四门科学，从现代科学技术观点讲，都可以归结于物理学的分支了。比如化学，它实际上是研究分子变化的物理；天文学，没有物理，无法能够理解，靠的也是物理；地理学是研究地球的，实际上现在也是搞物理；再说生物学，半个世纪来迅速发展的源泉是分子生物学，它到了今天的分子水平，也就归结到物理上去了。原来说的天、地、生、数、理、化这六门基础学科在现代科学技术体系中并不是完全同排并坐的，数、理是其他四门的基础；而数学又已成为独立于自然科学的一大部门科学了。

2. 社会科学大部门

在19世纪中叶，由于科学社会主义的创立，真正科学的社会主义诞生了。马克思主义有三个组成部分：马克思主义哲学、马克思主义政治经济学和科学社会主义。马克思主义哲学是最高的概括，其核心是辩证唯物主义；通向社会科学的桥梁是历史唯物主义，基础科学就是科学社会主义，包括马克思主义政治经济学。这就是我们社会主义事业的理论基础。现在要解决的是如何从社会科学走向社会技术。

江泽民同志指出，我们的社会主义改革是一个极为复杂的巨大的系统工程，全国是个大系统，需要各个分系统、各行各业协同作战，以充分发挥这个巨大系统的整体功能，社会主义建设才能实现。我们社会主义国家要科学地来管理，系统工程就是组织管理的技术，是用定量的数学方法建立起来的科学的学问。这是一个很大的科学体系，钱学森把这个管理和建设社会主义的科学根据国家功能初步划分为八个方面，每个方面都要建立系统工程技术那样的为改造客观世界的一套技术。为这套技术提供理论根据的是技术科学；而这些技术科学再总起来，作为社会主义国家学；同时这八大方面又不能独立地开展工作，要统筹协调。这门组织协调国家功能各个方面的技术，就叫社会系统工程或社会工程。从而完备了社会科学、技术科学和工程技术两大层次：社会系统工程，就是改造社会、建设社会和管理社会的科学；相应的技术科学就是社会主义国家学。

3. 数学科学大部门

数学在整个科学体系中，有其特殊的地位，一直被作为自然科学领域支柱式的学科，一定程度上代表着自然科学发展整体水平和层次，被看作纯而又纯的自然科学。越来越多的学者认识到，数学并不能算作是一门自然科学，也不能归属于科学体系中任何部门，不过每个部门的每一个学科或技术都离不开它。说数学是“科学技术的皇后”是有道理的，因为科学技术是客观世界在人脑中的映象，而组织这个映象靠思维，数学则是被认识了的人思维规律系统化了的学问。

钱学森一向重视和关心数学科学的发展。他多次给中科院数学研究所和数学学会的负责同志写信，并在1989年专门在中国数学学会教育与科研座谈会上发表演讲，论述了数学科学的重要性。他在引用Whitehead的话“在今后两千年内，在人类思想领域内具有压倒性的新情况，将是数学地理解问题占统治地位”时认为，需不着两千年，就二百年

差不多。同时,他再次强调,把数学科学列为现代科学技术体系中的一大科学部门。数学科学作为独立于自然科学、社会科学之外而与其并列的科学之一,这种思想显然包含着"数学不是自然科学"的意思。也有学者认为:"数学是研究抽象的形式与关系的一门科学。其研究的对象都是抽象思维的产物,而非研究物质运动的任何形式。因此,数学不能算作是一门自然科学。"(张君达,《关于数学本质的思考》,《百科知识》,1990年第4期)诚然,与其认为数学是研究人之外的对象的数量与空间形式问题,毋宁首先必须看到这种研究是以人的内在尺度为前提,是建立在人的内在尺度的特性之上的。

在现代自然科学领域里,没有定量的分析,没有精确的量的概念和数字的描述,就没有任何一门现代科学。一切以定量研究为主要方法的科学在科学史上被称之为"精密科学",以区别于那些主要依赖于思辨方法的文字描述去阐明客观现象并形成概念的"描述科学"。系统工程在自然科学、工程技术和社会科学之间构筑了一座伟大的桥梁;而现代数学理论和电子计算机技术,就是通过一大类新的工程技术——各类系统工程,特别是社会系统工程的创立,为社会科学研究增添了极为有用的定量方法,即数学方法,使社会科学走到社会技术。系统工程的理论工具是运筹学,计算工具是电子计算机。没有这两个工具,系统工程的发展是不可能的。运筹学是系统工程特有的数学理论,包括线性规划、非线性规划、博弈论、排队论、库存论、决策论、搜索论等。

不难理解,数学科学的技术科学这个层次,是计算数学、应用数学等。运筹学既是系统工程的应用数学,又属于数学科学中技术科学这个层次的。数学科学的工程技术是计算机以及设备,基础科学是大家都熟悉的数学,通向马克思主义哲学的桥梁便是数学哲学或叫元数学。

4. 系统科学大部门

系统科学是钱学森提出的一个崭新的现代科学技术大部门,它有自己的一个科学体系。作为改造客观世界的工程技术层次就是各门系统工程;技术科学层次中的运筹学、控制论和信息论是各门系统工程共同的理论基础;而系统科学中的基础科学层次就是系统学。

钱学森如同利用门捷列夫元素周期律一样,预见到系统学这门学科的存在,认为贝塔朗弗的一般系统论、理论生物学,普利高津及其学派远离热力学平衡态的耗散结构理论,特别是哈肯建立的协同学,还有艾肯等的"超循环"理论,等等,都是自然科学和数学科学的研究为系统科学的基础科学——系统学,提供了重要的构筑材料,指出现在已到了建立这门学科的时候了。

钱学森提出的从系统科学到马克思主义哲学的桥梁——"系统论",构成了一个完整的系统科学体系。同时,由于系统科学、系统工程所具有广泛的实用性,几乎横贯所有科学领域,因此系统工程的理论基础,除了共同性的基础之外,每门系统工程又有其各自的专业基础。

5. 思维科学大部门

思维科学是解决人类自己怎样认识客观世界的以及这种认识有什么规律的科学,是通向马克思主义哲学的桥梁,当然是认识论。

思维科学的基础科学是思维学。它的三个组成部分，除我们熟悉的抽象（逻辑）思维学之外，还有形象（直感）思维学和灵感（顿悟）思维学。由于思维的普遍工作对象是信息，所以信息对认识过程有其非常重要的意义。因此，研究信息和信息过程的学问——信息学，也就理所当然地是思维科学的基础科学之一。

由于信息传递总是与语言和图形有关系，且人类识别图形的功能并非是简单的科学归纳思维，而是运用了形象（直感）思维，所以，从基础理论到应用科学关系来讲，形象思维属基础科学。共同为形象思维学提供素材的是科学的语言学（即结构语言学和数理语言学）和模式识别这两门技术科学。

在技术科学这个层次中还有情报学和科学方法论，而作为用来改造客观世界的学问，属于工程技术层次，有人工智能、计算机软件工程、密码技术、情报资料库技术、文字学和计算机模拟技术以及其他。

6. 人体科学大部门

人体科学是研究人体功能，并进一步发挥人体潜在的功能、发挥人的潜力的科学。人体科学这个体系中的应用技术、工程技术层次，有人们熟悉的体育技术、医疗卫生技术（包括各临床学科和各种预防医学学科）。在这个层次里，当今发展很快的、又非常重要的人体科学技术，是人机工程，它专门研究人和机器有机配合的问题。

为以上应用技术提供直接理论依据的技术科学，联系体育技术的是运动生物力学和运动心理学；联系人机工程的有工效学，也称人体工程学；联系医疗卫生的，那就是病理学、药理学、免疫学等。其基础科学就是人体构造的解剖学，人体功能的生理学，以及组织学、胚胎学、遗传学等。

钱学森指出，作为人体科学的基础科学实际上就是正在建立中的人体学。他认为，生理学和神经学结合成为心理学的理论基础——生理心理学。生理心理学和脑神经学的进一步升华，产生阐明人脑高层次活动的精神论，最后到研究意识和精神活动的精神学。这些都属于人体科学的基础科学部分。鉴于意识又包括思维，所以精神学又与思维科学的基础科学——思维学密切相关。

从人体科学到马克思主义哲学的桥梁是正在建立之中的人天观。人天观是讲人和环境、人和宇宙这样一个超级巨系统的，有三个部分：宇宙人天观，把人放到宇宙中考察；宏观人天观，考察人体内部与环境的关系；以及微观人天观，考察人天观的量子力学基础的。它们都有构筑的材料和构件，特别是宏观人天观的素材是中医理论等。对此，我们中国人、中国科学工作者是责无旁贷的。

7. 文艺理论大部门

文艺理论是文学艺术的理论，而文学艺术也是面对整个客观世界的。文艺理论这一大部门与其他有些不同，文艺的实践是艺术，文艺人的艺术是相当宝贵的知识，但零金碎玉，还未纳入现代科学体系，还不是科学。然而文艺理论仍然有它的哲学概括，文艺理论到马克思主义哲学的桥梁是马克思主义的美学、美的哲学。正是这种部门机构的一致性，代表着现代科学技术结构的共性、整体性。我们社会主义建设，包括精神文明建设，文艺部门相当重要，需要一定的马克思主义文艺理论素养。

8. **军事科学大部门**

现代军事科学的研究早已不限于战争，而是从矛盾斗争的角度去研究整个客观世界，包括“科技战”、“智力战”、“商战”等。军事科学到马克思主义哲学的桥梁是军事哲学；属基础科学的，叫军事学。习惯上把军事哲学和军事基础科学合称为“军事思想”，如毛泽东军事思想，所以这个词不能去掉。技术科学，叫军事学术，战略学、战役学和战术学是军事学术的主要组成部分，还有军事运筹学也属这个层次。工程技术这个层次中，军事工程和武器装备技术，是人们比较熟悉的；军事系统工程和人机工程，这是两门新的军事技术，军事系统就是把系统工程运用到军事上来，而这里的人机工程是指武器装备技术里的人机工程。这样就形成了军事科学的一座桥梁、四个台阶比较完整的体系。

9. **行为科学大部门**

行为科学是从个人与社会的相互作用这个角度去研究整个客观世界的。现在人的活动不但要考虑整个地球，而且已经深入到地下，上升到天上以至太阳系……所以人类社会也涉及整个客观世界。

行为科学是解决个人行为和社会发展之间的矛盾，也就是为了国家和集体利益管好人。怎么管理？有两个措施：一是诱导（或说开导、指导）；二是诱导不成，必须绳之以法。即实行管理、治理和法理三者统一，以限制不良行为。因而行为科学体系中就形成了两个方面系统。

一方面是把全部法科学从社会科学中移到行为科学。钱学森认为，行为科学也有基础科学、技术科学、工程技术三个层次。属基础科学层次的有法理学、法制史学和法律思想史学；在技术科学层次是各种专门法学；在工程技术层次是各种专门法律、法规及法制系统工程和法治系统工程。

另一方面，相对法理学的基础科学是伦理学；技术科学是马克思主义德育学，即思想政治工作的理论；至于思想政治工作本身，就属于工程技术层次了；还有人才学、人才系统工程，社会心理学、管理技术也属于这个方面。

钱学森提出“社会论”是行为科学到马克思主义哲学的桥梁。社会论是研究个人心理、个人思想与社会发展的矛盾运动的。

10. **地理科学大部门**

1986 年 11 月，在第二届全国天、地、生学术讨论会上，钱学森正式提出建立地理科学的概念，把地理科学作为现代科学技术体系的一个大部门。地理科学是研究人类社会赖以生存的环境，它是从地球与人类社会、与宇宙天地的相互联系、相互作用中研究整个客观世界。

钱学森的地理哲学是建立在马克思主义哲学与地理科学之间的“桥梁科学”。他从普遍哲学规律指导地理哲学的研究出发，以地理系统是开放的复杂巨系统为理论基础，以从定性到定量综合集成方法为手段，以国民经济总体设计部为实践对象的思想，作为地理哲学的核心。

钱学森认为，地理科学的框架也应包括基础科学、技术科学、工程技术三个层次。地理科学的基础科学层次是地球表层学（包括自然环境与人工环境两部分），地理学界称为

理论地理科学；技术科学层次是地理信息科学（包括地理观测科学、地理定位科学、地理实验科学、地理计量科学）；工程技术层次是地理系统工程（资源管理、环境工程、生态系统、灾害监测、人口调控、城镇建设、基础设施、产业调整区域开发），这是国民经济的主战场。加上地理科学的前科学，包括地理经验与地理景观的感性认识，即地理野外工作，对地理现象的原型的认识，构成一个完整的地理科学体系。

钱学森认为，地理科学是自然科学与社会科学之间的汇合科学，地理科学不是一门科学，而是一系列的科学。地理科学与地理学是不同的，地理科学更加强调自然科学与社会科学交叉与融合，而地理学把自然部分称为自然地理，经济部分称为经济地理，依旧使自然科学与社会科学割裂。自然地理加上经济地理也不可能直接产生资源科学、环境科学、生态科学、灾害科学、人口科学、城市科学、基建科学、产业结构科学等。资源科学、灾害科学等都是对人类社会系统而言的，地理系统是社会系统的环境。地球科学属于自然科学的一部分，是星系系统中的子系统。在社会主义建设系统结构中的四大建设，地理建设是其中之一。钱学森居高临下，从整个科学体系中提出地理科学是自然科学与社会科学之间的桥梁科学，构成独立的地理系统，是从地理学发展到地理科学的非常重要的进展。把古老的地理学提升到为国民经济主战场服务的地理科学，其目的也很明确，是为了可操作的、可持续发展的战略目标，无论在理论上还是在实践上都非常重要的。

11. 建筑科学大部门

1996 年 6 月，钱学森正式确立建筑科学是现代科学技术体系中的一个大的科学部门。它包括了城市、建筑和园林三个部分。同时提出关于“建筑哲学”和建筑科学内部的基础科学、技术科学、工程技术三个层次的组织结构，为建筑科学体系的架构奠定了基本格局。

“建筑哲学”是建筑科学通向马克思主义哲学的桥梁。钱学森说：“真正的建筑哲学应该研究建筑与人、建筑与社会的关系。”建筑哲学就是要用马克思主义的世界观和方法论来认识建筑，是要用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点和方法来看待问题，是解决为谁服务的根本问题。

钱学森把建筑科学的基础科学层称为“真正的建筑学”。既然称为“真正的建筑学”，它当然是一门年轻的学科，它理所当然地也应该包括真正的建筑学、真正的城市学和真正的园林学。这就给建筑科学界提供了广阔的探索空间。稍后他在一封信中说，对建筑科学，其基础理论层次的学问，可能是多门学问，不必限于一门学问，例如在自然科学这另一个大部门，其基础理论层次就有物理学、化学、生物学……所以，在建筑科学这一大部门，其基础理论层次，也可以有多门学问。建筑科学的技术科学层次，应该包括建筑技术性理论，如城市学、建筑学、园林学等，技术科学层次的学科是工程技术的理论基础。建筑科学的工程技术层次，包括建筑设计、城市规划设计、市政工程设计（道路、桥梁、给排水、煤气、热力、供电、电讯……）和园林设计等。现在建筑、城市和园林等专业的学生，在学校里学习的技术和艺术的知识和技能的相关学科大多属于这一层次。

钱学森在提出建筑科学大部门之初的思想里，突出了建筑是科学与艺术的结合特点。后来，他又用系统科学的观点阐述了有关宏观建筑与微观建筑的概念。这是钱学森

总揽建筑科学历史文化进行研究与思考的结果。钱学森关于建立建筑科学大部门思路的提出，是他对现代建筑科学理论的升华，在建筑科学发展历史上具有里程碑的意义。

三、纵向学科部门划分的创新

1983 年 3 月 28 日，钱学森在关于现代科学技术体系结构的学术报告中指出："从前对于科学部门的划分往往是从科学研究的对象来划分，就是把客观世界分作几大片，一片是这个科学研究的，另一片是那个科学研究的，再一片又是另外一个科学研究的。比如什么叫自然科学呢？自然科学是研究自然界的现象。什么叫社会科学呢？社会科学是研究社会的现象。这不就分开了吗。那么我现在有六个部门，我认为按研究对象划分的这种老的说法不确切。现在接触的总体设计部、水利工程、土木工程等都是人造的科学。说自然科学就是研究自然现象的这种说法不对，也许 100 年前是对的，现在不行了。现在应该怎么才能用几句话把自然科学的特点讲清楚，还要用自然辩证法的观点。自然科学是研究物质运动即物质与空间时间的关系，而且不同层次运动的相互关系。这其中就包括了人为的东西，即自然科学是研究整个客观世界的，但是它的着眼点是物质的运动，物质在时空的坐标里的运动。而且这里有个很突出的东西，搞自然科学的人是很清楚的，即在自然科学里有个所谓量纲分析，量纲里面的基础量纲是时间、长度和质量。这在自然科学里是很有用的一个工具。在自然科学的研究里总是用时间、长度、质量的量纲的分析观点去解决问题。为什么产生量纲呢，就是因为自然科学是研究物质在时空当中的运动，它抓住的是这个要害。"

钱学森认为，按照研究或看问题的角度不同，科学分可以为十一个科学技术部门。这十一个部门是以什么界限划分的？钱学森主张应以研究或看问题的角度不同来划分科学的部门。他在《马克思列宁主义教学怎样面向现代化、面向世界、面向未来》一文中说："部门之分在于学科研究对象之不同，而在于研究或看问题的角度不同，对象只有一个，即整个客观世界，人也是客观世界的一部分。""现代科学技术探索和研究的对象是整个客观世界，但从不同的角度、不同的观点和不同的方法研究客观世界的不同问题时，现代科学技术产生了不同的科学技术部门。"那么，什么是不同角度呢？

自然科学是从物质运动、物质运动的不同层次、不同层次之间的关系这个角度或着眼点，来研究客观世界的，这就是自然科学与其他科学部门的区别。

社会科学是从人类社会发展运动、客观世界对人类发展影响的着眼点或角度来研究整个客观世界的。社会科学与自然科学完全不一样，这量纲一点用处都没有了。社会科学是研究人跟人的集体组成的社会里的运动或关系。用长远的观点来看，未来的整个宇宙也还就是人的社会。

数学科学以前很多人研究过，胡世华研究员的文章说，数学就是研究量和质的辩证的关系。据此，可以说，数学科学是从量和质的统一，量和质互变的着眼点或角度去研究整个客观世界。就是说，是整个客观世界而不是哪个部分，许多地方都要用数学的。

系统科学是从系统或整体与局部的统一的着眼点或角度，或叫系统观的角度，去研究整个客观世界；是从系统观点入手，应用系统方法去研究客观世界的。系统科学作为

一个科学部门，从应用到基础理论研究都是以系统为研究对象。

思维科学是从人认识客观世界的着眼点或角度，来研究整个客观世界的。目的在于了解人是怎样认识客观世界的，人在实践中得到的感觉信息是怎样在人的大脑中存储和加工处理成为人对客观世界的认识的。这便是思维与整个客观世界的联系。

人体科学是通过人体这个着眼点或角度，来考察整个客观世界的。因此，不但不能把人体各组成隔离开来考察，也不能把人体和外界隔离开来考虑。而从人体科学进一步发展综合提炼的"人天观"，就是从人体科学到马克思主义哲学的桥梁。

军事科学是从武装集团之间斗争的角度，研究整个客观世界。

行为科学用的角度是研究个人行为的规律，研究整个客观世界。

文艺理论是从美的角度，研究整个客观世界。

地理科学从地球与人类社会、与宇宙天地的相互联系和相互作用的角度，研究整个客观世界。

建筑科学是从人类居住环境与社会关系的角度，研究整个客观世界。

钱学森同志正是根据这种研究问题的不同角度，把科学分为十一个部门的。他的这种划分的方法，既说明了科学的各个部门都是以整个客观世界作为自己的研究对象，它们是相互联系的；又注意了各个学科是从各自不同的角度来研究客观世界的，它们又是相互区别的。

1982 年，钱学森在《现代科学的结构——再谈科学技术体系》一文的结尾处讲道："从不同着眼点或角度的考察，最后由各自的桥梁汇总到马克思主义哲学——人类认识的最高概括。所以马克思主义的哲学才是科学的哲学；它当然要指导科学技术研究。现代科学也就这样形成一个紧密、坚实的统一体系，现代科学技术体系。进一步研究这个体系就是科学技术体系学的任务。"

四、部门之间的横向综合

从上述纵向部门之间基本层次结构的讨论中，可以看到上层系统科学综合包含了下层次系统的科学，而下层次系统的科学是从上层次中分之出来专门研究的。反映了部门之间垂直方向的联系与区别。与此同时，各部门之间，还具有水平方向（或交叉）关系，每个部门都有着横贯其他各部门的意义。

（1）各部门科学技术都是在实践中思维认识的结果，思维认识科学技术就是这样的一门学问，包括它所属层面上的哲学、系统科学和数学。从这里看，哲学同样处在最高指挥位置上。

（2）全部科学技术都是用来改造世界，指导人的实践行为的；各自都有其相对应的认识和改造世界的对象和任务。

（3）全部认识，改造世界的实践行动，都是人的意志行动，都需要以情感为动力。

（4）全部科学技术归根结底是为了保护人体生命的需要，以发挥人体功能创造的价值。医学、体育、卫生直接为人体生命健康需要而创造人的价值。自然、地理科学为人类生存物质需要而创造经济价值并保护自然价值。精神系统科学技术为人类心理健康需

要而创造精神价值，包括对“真善美”的追求。社会科学技术直接意义是为了集合社会力量的需要而创造社会价值，尤其是社会环境、人际关系对人的精神健康特别重要，根本意义是为了调动人的积极性。与人体科学技术一样它直接属于创造人的价值，而创造物质价值和精神价值归根结底也是为了保护人的价值。

(5)自然科学技术特别具有横贯各门科学综合交叉的重要意义。它不仅为了衣食住行以及为此而发展生产力的需要，而且各门科学的技术或现代化都表现为新的自然技术硬件的创造和运用，意味着人力(包括智力)和人体物由自然力和自然物的替代和延长，几乎综合了整个科学技术。

(6)地理科学技术与自然科学技术直接相关，任何一项自然技术在横向各门科学技术中的开发应用，都需要考虑对人类生存的地理环境的影响。

(7)发挥横向综合作用的最终是社会科学技术。应当说在我们的社会主义社会里，谁都处在“我为人人，人人为我”的有机联系的整体结构社会网络中，既为社会创造价值，也享受他人创造的社会价值，谁都是劳动者。各部门认识改造世界的劳动，都需要依靠社会科学技术来协调发挥其积极性，更需要社会科学技术来统筹兼顾，整体协调，即全面领导、组织和管理。钱学森认为，社会技术就是一门组织管理科学技术——系统工程；就一个国家而言，是一门组织管理领导一个国家的科学技术，即组织管理社会主义建设的系统工程，核心思想就是“从整体上考虑并解决问题”。为此，他所提出的我国社会主义建设系统结构，包括了四个领域九个方面就是与各门科学技术相对应的。

上述各部门之间的横向关系，实际上是钱学森整体构思横向层次关系的进一步具体延伸。

五、现代科学技术体系的整体性

20世纪末叶以来，一个热点话题就是“知识经济”。由此可见“知识”的价值和重要性。今天，科学知识的确是人们认识世界和改造世界的强大武器。人们讨论创新问题同样离不开知识，本文阐述知识体系的用心，也不外乎是希望大家能够更有效地理解和掌握人类积累起来的共有财富——知识。更有效地运用知识提高我们的创新能力。

对于知识的经典解释是：人类在实践中积累起来的认识成果。包括经验和科学理论两种形态；分为自然知识和社会知识两大类。哲学是这两类知识的概括和总结。知识来自实践，在实践中发展，受实践检验而区分真伪。对于个人，知识一方面来自亲身实践，一方面依靠学习前人的认识成果。这是一种比较简单的平面解释。

我国现代著名学者、中国科学院首任院长郭沫若则将天才人物归纳为两种类型：一种是直线形，一种是球形。直线发展塑造出的是纯粹的哲学家、科学家、艺术家、文学家，而球形发展则是这个人所具有的一切天才“同时向四面八方，立体地发展”。其实，人类积累起来的知识，仿佛一个辐射状的完整的球体，原本就没有什么自然科学、社会科学等等之分。人们学习也好、做学问也好、搞研究也好，从何处着手都是可以的。

1984年，钱学森在北京全国首届思维科学讨论会上讲道：“什么是知识，大家常常想到的是科学，这是很重要的知识。但是现代意义上的科学，还有一个约束，就是科学必须

能够相互联系起来，构成一个体系。现在不但自然科学、工程技术是一个体系的，还要与社会科学联系起来，整个现代科学技术要连成一个整体。”（《开展思维科学研究》）

一些先哲们早已预见这种历史的必然终会到来。比如德国著名物理学家普朗克（Max Planck，1858－1947）就曾在其《世界物理的统一性》一书中指出：“科学是内在的整体，它被分为单独的部门，不是取决于事物的本质，而是取决于人类认识能力的局限性。实际上存在着由物理到化学，通过生物学和人类学到社会学的连续的链条，这是一个任何一处都不能被打断的链条，难道这仅仅是臆想吗？”自然科学和社会科学的研究覆盖了这根链条。马克思也早在1888年预言：“自然科学往后将会把关于人类的科学总括在自己下面，正如同关于人类的科学把自然科学总括在自己下面一样：它将成为一门科学。”（马克思，《经济学哲学手稿》，人民出版社，1957年，第91页）钱学森则称这种自然科学和社会科学成为一门科学的过程为自然科学和社会科学的一体化。自然，也并不是说一切科学将由一门科学取代，而是说科学认识与方法论在基础上有确实存在的共性，它们本来就是有机地综合在一起的，这将是认识史上再一次的返璞归真或者说相对于形而上学而言的反祖回归。

从上述钱学森现代科学体系的总体结构，到十一大科学技术部门各自的体系结构，最后再综合起来，展现在我们面前的，正是恩格斯早就提出的“伟大的整体的联系的科学”，一个清晰的整体联系的结构。当然，这远比马克思、恩格斯时期的体系要宏伟、紧密和坚实得多。“没有分化也就谈不上什么综合”，也正是十一个部门各自的体系中使我们看到了这个整体：它们共同研究的对象，都是整个客观世界，只是研究的着眼点、看问题的角度不同；除文艺理论外，都是紧密联系、互相衔接的三个层次，都有各自作为直接改造客观世界的工程技术，并相继为其提供理论基础的技术科学及其基础科学；都有各自通过的一架桥梁，最后汇总到马克思主义哲学——人类认识的最高概括。从这种横向共同的层次性，到纵向层层相依，通过各自的桥梁，到最后的汇总，不难看到联系成为的一个整体。这种部门结构的一致性，代表着全部现代科学技术所共有的，是共性，是整体结构。

同时，这种整体结构还突出地反映在十一大科学技术部门之间的横向交叉、千丝万缕的联系。从高度分化到高度综合，交叉科学层出不穷，是现代科学整体发展趋势的突出反映。特别是如上述各类应用数学、各类系统工程几乎横跨一切科学领域。现代数学理论和电子计算机技术，为系统科学、系统工程提供了发展的条件，而系统工程又在自然科学、工程技术与社会科学之间构筑起一座伟大的桥梁，使社会科学走向社会技术。又如上述行为科学又有四门系统工程，也和系统科学有交叉；而法制系统工程和法治系统工程又是各门法的工程技术的横断技术，是法科学的内部交叉学科；在行为科学的技术科学层次的社会心理学和犯罪心理学，都以基础科学的心理学为指导，而心理学却又在人体科学这一大部门中。人的行为也与思维有关，所以行为科学与思维科学有交叉；思维科学又与人体科学有交叉，等等。

钱学森特别强调科学的整体性。1985年，在谈到他所建立的现代科学技术体系表时对这个问题进行了专门的阐述（参见《科学的艺术与艺术的科学》，116～117页）。

六、现代科学技术体系的开放性

钱学森认为,现代科学技术体系是一个开放体系而不是封闭的体系,具体体现在以下几个方面:

(1)这个体系是以马克思主义哲学为指导的体系,非马克思主义的学问不包括在其中,但是,划在体系之外不等于不予考虑。对于古今中外的东西先进行甄别,好的就吸收;坏的,荒谬的就抛弃。这样做,我们的现代科学技术体系对于外国的科学技术就是开放的。

早在1984年,钱学森就对他所建立的现代科学技术体系作了准确的评价。他说:"我上面讲的整个知识体系的结构大大超出传统的知识分类法,是经典著作中没有的,是不是'离经叛道'啊?离经的罪名可能逃不了了,因为'书'上没有呀;但我自以为不是叛道,是根据马克思主义的普遍原理而阐释与发展的。"(《科学的艺术与艺术的科学》,104页)

1991年,钱学森在"九十年代科技发展与中国现代化"系列讲座上指出:"最后要指出的是,我构筑的这个现代科学技术体系,是在马克思主义哲学指导之下的系统,凡不符合马克思主义哲学的,或者还不成其为科学,而只是一些经验性的论述性的东西,都无法纳入这个体系,只能放在这个系统的周围。对于这个系统周围的东西,我们并不排斥它,凡是发现有用的,都应吸收进来。所以这个科学技术体系是一个开放的系统,不断演化的,随着社会的进步,内容会发展变化,会有新的大部门出现。所以构筑科学技术体系是长期任务。"(《创建系统学》,263页)

(2)客观实践包括科学实验。社会实践中在不断地产生新的知识,对于这些新的知识也不能采取关闭的态度,而是要研究怎样把这新的经验、新的知识逐渐地提升到科学的高度,吸收到我们的科学技术体系中来。这是我们一定要做的事,这样我们的科学技术体系才是不断发展、壮大的体系。

科学技术是不断发展的,科学技术体系以前不是现在的情况,将来也会继续发展,不会停下来,门类将不断增多。早在1979年,钱学森就表明了这一看法,他认为,科学技术体系学是科学学的一个重要内容,也就是科学技术的分门别类,各门学科之间的相互联系,学科体系的发展、演变、新学科的成长和老学科的消亡或重新划分。科学技术的各个学科组合成为一个整体的、联系的体系。这当然与研究整个科学技术活动有关。

科学体系应该是客观存在的科学研究分工和协作发展的系统反映。从这一要求来讲,一个良好的科学技术体系至少应具备两个条件:一是体系已有科学研究成果的高度概括和总结;二是能够预测科学研究和学科发展的方向。这第二个条件实际上表明了科学体系的开放性。

(3)人们经验的总结被系统化后就成为知识。但这些知识毕竟还不能叫作科学。科学并不是一个孤立的经验体系,而必须纳入到整个现代科学技术体系中,能够同其余各部门相融合一致,才算进入了科学的体系。钱学森在《开展思维科学的研究》一文中阐述过科学与"前科学"的问题。他说:"什么是知识,大家常常想到的科学,这是很重要的知

识。但是现代意义上的科学,还有一个约束,就是科学必须能够相互联系起来,构成一个体系。现在不但自然科学、工程技术是一个体系的,还要与社会科学联系起来,整个现代科学技术要连成一个整体。是不是知识就限于科学技术? 那当然不是。人从实践中认识到很多东西,其中有些东西还没有进到科学的结构里面去,是经验。""我认为,我们谈信息,或者说知识,说人类的精神财富,包括两大部分:一部分是现代科学体系;还有一部分是不是叫前科学,即进入科学体系以前的人类实践的经验……因为客观世界是无穷无尽的,人认识客观世界的过程也是无穷无尽的。人现在认识到的客观世界,不管是科学还是前科学,只是整个客观世界的一个很小的部分,而且情况是在变化的。一部分前科学,将来条理化了,纳入到科学的体系里,那么前科学的内容是否少了一点呢? 不会的,因为人类还在不断地总结自己的实践经验。"

我们的科学技术体系与人类丰富的实践活动息息相通,不断地吸取营养,不断地壮大我们知识的内涵。这个体系是个活的体系,是在全人类不断认识并改造客观世界的活动中发展变化的体系,而且,这个体系不光结构在发展,内容也在充实,每一个部门都在不断发展。

七、整体构思科学大部门

钱学森认为人类的科学研究,说到底是五个开放的复杂巨系统,即星系系统(物理)、地理系统(地理)、社会系统(事理)、人体系统(人理)、人脑系统(脑理),"理"即为规律。它们之间有如图 8-1 所示的嵌套关系。

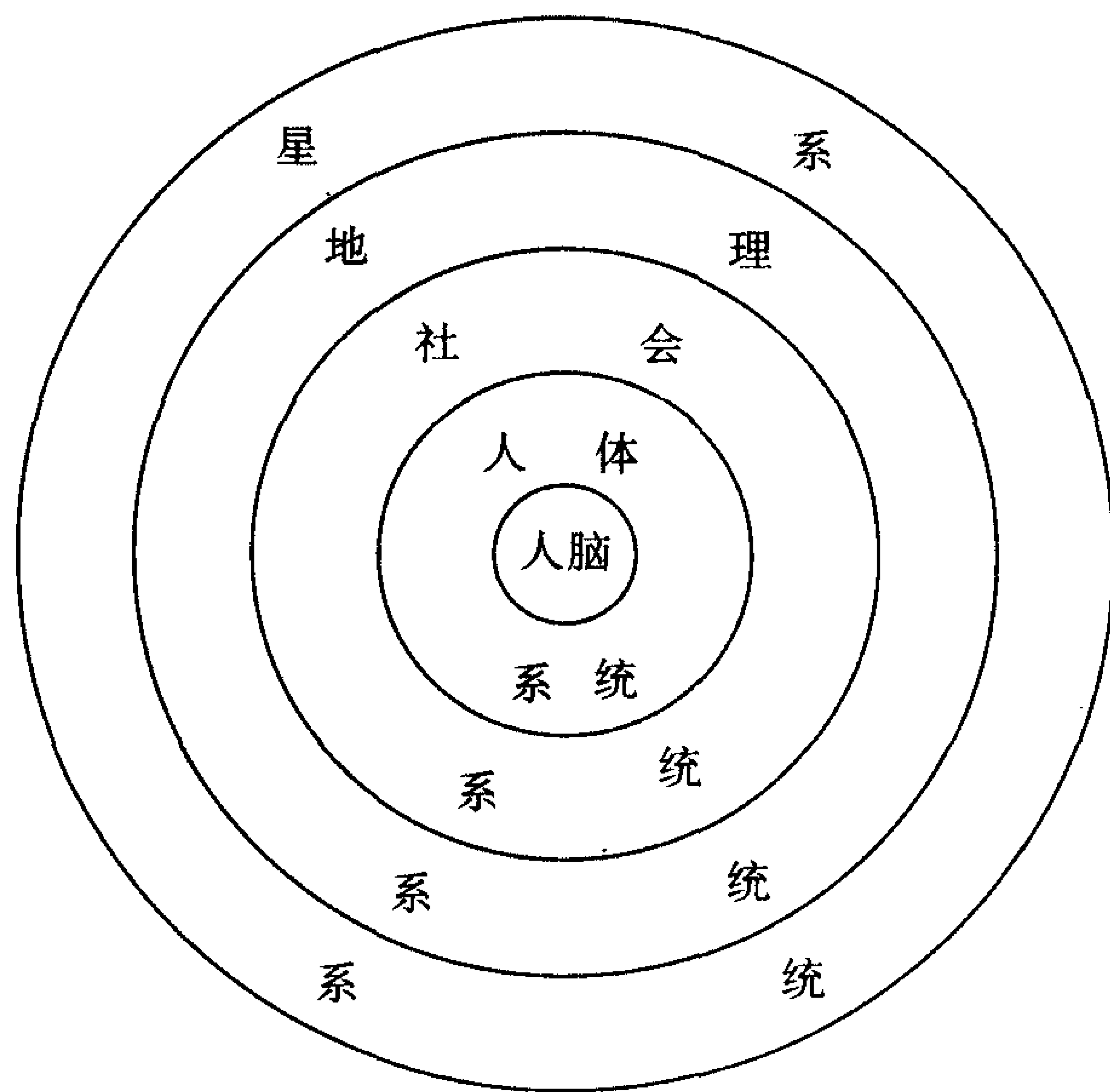


图 8-1　人类科学研究的 5 个开放的复杂巨系统

在整个宇宙物质系统中,我们可以看到它有许多分支,而每个分支又有许多层次系统,相应的有许多分支层次系统的科学。所谓科学是人认识的科学,对于生活在地球上

的人来说，只能从总星系（宇宙）……—银河系—太阳系—地球系—地球—地球表层—生物圈—人……这条分支线路；而且对人具有现实意义的是地球表层这个层次。值得指出的是，这条分支线路虽然是以地球上的人为中心的，然而却又是一条反映宇宙本质属性的分支线路，即是一条“宇宙出现人”或“自然界成为人”这个本质特征的线路。

于是我们可以在这条代表宇宙出现人这个本质属性的分支线路上，把整个宇宙物质世界以人为中心分成五个结构层次（如图 8－1 所示）；相应地形成了科技体系基本结构的五个层次，第一个层次当然是整个宇宙物质世界——自然系统层次；而在这个系统中，供人生存发展的是地球，所以第二层次是地球表层系统（或说地理系统）层次；在地球表层系统中，自有人类开始，人就成为重要构成部分。人是属于自然，但所以从自然界独立出来，又是因为它是属于社会的人，因而（人间）社会系统成为第三层次；而社会是由人（个）体物组织成的，所以第四层次是人体系统层次；第五层次是人的大脑或中枢神经系统层次，或说是精神或意识系统层次。也可以说是思维层次，相应地形成了自然科学、地理科学、社会科学、人体科学、精神科学或思维科学五个层次。钱学森整体构思的横向部门的结构，其实是建立在这五个层次基本结构基础上的。钱学森认为，地理科学的对象是地理系统，社会科学是社会系统；人体科学是人体系统；精神科学是中枢神经系统（特别是大脑）。

1. 自然、地理与人的系统及科学

在上述这个基本结构中，自然系统及包括由人组成的社会、人体以及人的大脑，都是物质的、自然的；不是自然就不可能有科学。从这个广义的角度说全部科学都属于自然科学，包括人的科学。而这个基本结构又是以人为中心的，从第三层次开始显然全是关于人的系统及科学。地球表层与其他自然界所区别的本质特征，就在于它供人生存和发展，由此把它从自然系统中独立出来，从它与整个宇宙的本质联系中区别出来，而这个天地之间的本质联系实际上就是钱学森“宇观人天观”所说的“人天”关系，即在地球上出现人是“与太阳系、银河系，以及整个宇宙都相关的”。可见，我们又可以说整个宇宙物质世界是以人为中心的，正如恩格斯说的：“天文学中的地球中心的观点是褊狭的……但当我们在研究工作中愈益深入时，它又愈来愈出头了，太阳等服务于地球……”

地球表层是正好供人生存的自然界。而人与生物不同，它的生存发展并非单凭自然界的恩赐，主要则依靠认识改造自然向自然界索取，于是，自有人类以后，人就成为该系统不可忽略的构成部分，给地球表层留下一切动物不能做到的意志印记，创造了“人工自然”，使地球表层增加一个新的圈层（人们称作智慧圈或技术圈）。特别是由于现代科技的迅速发展，人类向自然界索取的物质和能量越来越多，越来越快；同时向地理系统输出的物质和能量也越来越多，其结果改变着地理系统的机构和正常功能，影响和威胁着人本身的生存和发展，因而突出地体现人地之间相互关联、制约和作用的关系，成为地球表层系统内部本质的联系。人类为了自己的生存与发展，就需解决两个方面的问题：一是认识改造自然以解决人的生活物质资料问题；二是认识协调人与自然的关系，在改造自然的同时又保护自然，并创造更有利于人生存发展的地理环境。前者是为我们通常所指的自然科学工程技术解决的问题，后者则为地理科学工程技术解决的问题。

正如钱学森所明确指出的地理科学、地球表层学是一门综合性的"汇合科学"。无疑这是一门到现在还远未全部弄清的大学问。宇宙天体包括地球,以及地球表层的一切自然物,它们有机地结合创造了给人在地球表层生存的天然前提,但在地球表层人为了生存发展又改造利用了它,所以在这层次产生了人造自然的科学技术;然而人造自然又给天然自然前提带来了损害,于是,需要它来协调人造自然与天然自然,即人与自然的关系。可见人地关系实际上是人天关系的缩影,集中地反映了人与自然的关系。

正是鉴于上述,钱学森特别重视建立地球表层学,把地理科学列为十一大科学技术部门之一。他从系统科学出发,把地球表层看作包括非生物、生物和人三个部分之间互相关联、制约的系统,强调了人对地球表层、地理环境的作用。由此认为地理科学、地球表层学不完全是自然科学,是"自然科学和社会科学的汇合"或"交叉";而行星科学、地球科学或地学则属自然科学。地球表层由于人的参与,"人所影响世界的事,确实变化比较快"。因而他用时间尺度来区别地理科学与地球科学、天体科学。除了地球表层之外的宇宙天体,至少目前人无能参与改造它,是自然科学;正如钱学森说的,我们研究天体、"行星科学,目的是最后研究地球"、为人类自己"把地球研究得更好"。同样,我们对地球表层自然物的认识,也是自然科学。然而在这里,人们认识它的目的则完全是为了改造和利用它。

2. 社会系统及科学

前面我们讨论了"人天"、"天地"、"人地",总之人与自然的联系,说明了自然、地理与人的科学既有区别而又不可分割的关系,但从广义而言,人也是属于自然的,然而人所以从地球表层的生命界独立出来的,又是因为它是属于社会的人。人只有依靠集体、形成社会力量,才能向自然界索取而存在;即使孤立的一个人,"偶然落到荒野中,也已属有社会力量的文明人"(亚里士多德语);而且人本身就是在这个社会化劳动中创造的,甚至新生儿也只有在社会生活中发展"成人",使大脑得到完善的发育,成为有意识会思维的人。可见在这里我们所指人类社会整体、人地、人与自然的关系,实质上是社会与自然的关系,是通过组织形成社会力量与自然发生作用的。社会科学就是一门研究社会系统,关于人与人之间关系的科学,而社会技术实际上是一门处理、协调人与人之间关系和组织协调社会力量的一门学问。

社会系统从地球表层系统中区别出来,有其与除人以外的自然界在本质上的不同。但社会系统是地球表层中的一部分,由人(个)体这个自然物集合而成的,归根结底是属于宇宙物质世界——自然系统的。社会本身又是自然的,科学的任务就是揭示这种自然性。马克思主义把社会历史看作一种自然历史过程,它告诉我们这样一个事实:"人们首先必须吃、喝、住、穿,然后才能从事政治、科学、艺术、宗教等活动。"由此把人间"社会关系归结于生产关系,把生产关系归结于生产力的高度",从而使社会历史有可靠的根据看作自然历史过程,正如列宁说的,"没有这种观点,也就不会有社会科学"。

由物质生活资料的生产劳动把人与自然联系起来,形成了社会生产力系统,同时也把人与人联系起来,形成了生产关系系统,并在这个基础上形成了其他各种社会关系,派生出社会的上层建筑,包括政治领域和思想领域。为此,钱学森提出了社会形态三个侧

面的思想。他构思的行为科学主要包括法科学和道德科学（政治思想教育）两个方面，这实际上是属于上层建筑领域和思想领域两个方面，所以后来他又把该内容归属于社会科学技术。在国家政治这个机器中，军队和警察无疑占有特别重要的地位，而文艺由于能从感情上征服人，所以在意识形态传播中是强有力的工具。可见社会科学上层建筑两个领域又分别与钱学森提出的军事科学和文艺理论两个科学部门相连接。

同时鉴于这个社会发展的必然规律，钱学森特别关注科学技术的进步，相应与社会形态的三个侧面提出了社会革命的三种类型，即产业、政治和文化革命，认为“科学革命和技术革命都属于基础”，“因为直接推动生产力发展的是技术革命，而技术革命来源于科学革命”。这就是“科学技术是第一生产力”的思想。在这里所指的推动生产力发展的科学技术首先是指自然科学技术。由于自然科学技术的进步导致人类改造自然生产能力的飞跃，从而推动生产关系以及上层建筑的变革，乃至整个社会的发展。然而自然科学技术是人对自然的认识，生产劳动是人对自然的改造，显然这里人的积极性是最重要的，需要协调人与人之间关系的社会科学技术。我国在生产关系和上层建筑领域所进行的改革开放，目的就是为了更有力地推动我国科学技术和生产力的发展，以上正是自然科学和社会科学基本的不可分割的辩证关系。

3. 人体系统及科学

社会是人的社会，社会科学从根本上来说是研究这个社会系统人与人之间关系的一门学问。它的下一层次人体科学则是研究人体系统内部联系的一门学问。认识改造社会和自然，说到底是为了人体生命的需要。马克思曾明确指出：“任何人类历史上第一个前提无疑是有生命的个人的存在。”马克思认为对于人的一切问题的研究，都必须“从现实的、有生命的个人本身出发”。不难理解自然技术一开始就不可能脱离人体科学技术，所以钱学森认为人体科学是一门既古老又新颖的科学。

人所以从生物界独立出来，就是因为他是有意识的社会生物，有意识、会思维是人体动物区别一切自然物的本质特征。人的躯体和精神之间的心身关系，自古以来就成为人类所特别关注的问题，并成为哲学基本问题论争的前提，即所谓“肉体”与“灵魂”的关系。在钱学森的人体科学中，十分强调人体和精神之间的联系，特别是精神对人体的反作用，认为这是人体科学最核心的思想。

在人体科学中，尽管国内外学术界对人体特异功能问题上还有争论，但对这个核心思想，人们基本上有共识：首先承认只有人的躯体才有可能具有人的意识及其行为功能。一个发育正常的婴儿，可以逐渐地培养成能思维、会劳动的人；而对一个小动物，无论怎样培养也至多做几个杂技动作罢了。反之，人又是由大脑统帅的完整生物体，脑功能完善的本身又是人体健康的本质特征。没有大脑皮层的生理机能就不可能有心理机能；没有心理机能，身体各种生理机能就不能组合成协调的正常人的行为，精神病患者即失去了这种人体的正常功能。不难理解，也只有大脑功能完善的人，才有意识对人体的反作用，所谓意识对人体的反作用，当然表现在认识改造人体这个自然物。人类一切行为目标的背后都是为了自己的生存，其实医学首先是保健，然后才是有病治病。所谓反作用，人们主要是指通过对周围的自然特别是社会环境，也包括对自己的意识（认识），然后作出肯定或否定、快与不快

的情绪体验的判断,再由情绪产生生理反应而影响人体健康。人不仅要有生理需要,还有心理需要。人自己的意识还能直接控制调节精神对生理的影响。

4. 精神(人脑)、思维系统及科学

前面我们讨论了人的躯体与精神之间这个本质的联系,精神系统是根据这个本质联系,从人体系统中独立出来的。钱学森在讨论人体科学时,最突出的就是精神在人体系统中的意义。他十分肯定我国中医"讲究意识、情绪的重要性";赞同美国脑神经学家斯佩雷(R. Sperry)提出的精神学(即研究人的高层次大脑活动的科学),并把它作为人体科学的基础理论;并认为,研究人的精神、人的思维的科学"最根本最彻底的是研究脑——脑科学。"只是这条路还很长,才不得不从心理学、人工智能、或叫认知科学方面着手。

现代国内外心理学界,一般把人的心理精神活动分为三个方面,简称为"知、意、情",并把这三种内在心理因素与外在追求的三种理想境界,即"真、善、美"相对应,因而,有的也常把"科学、道德、艺术"与之相对应联系起来;同时还把形成这三种机能的社会因素、社会教育活动中智育、德育、美育、体育相对应。较为一致的是与人的认知能力、实践能力和审美能力相对应,即把"认知(思维)、行为、文艺"与之相对应联系。正如马克思在给《新亚美利加百科全书》所写的"美学"条目中说的,最可靠的心理学家们都承认,人类天性可以分作认识、行为和情感、或是理智、意志和感受三种功能,与这三种功能相对应的是真善美观念。真是思想的最终目的,善是行为的最终目的,美是感受的最终目的。在这里的"善",泛指一切合乎目的性的行为"即尽善尽美",不只是论理学范畴的"德"。然而三者之间本身又是一个不可分割的整体结构。

(1)钱学森认为不仅科技创造是思维认知活动,而文艺创作也是思维活动。这两者都是人的精神产品。

(2)思维活动、科技创造和文艺创作,都是意志行动。而人的意志行动是自觉能动的,这个能动性就来自有意识的目的动机,是"努力克服困难"意志行动的内驱力或动力。人是客观生活中的人,这无疑又来自现实生活的需要。人的需要又与情感直接相联系,需要是产生情感活动的基础。由于如饥似渴的欲望,才表现出人们所追求事物强烈的感情。特别是情绪情感活动有其明显的生理反应,情绪被激活时,相应地会调动全身的能量,驱动有机体紧密配合,正如马克思说的,"激情、热情是人强烈追求自己对象的本质力量"。可见情感不仅与文学艺术相关,而且是人们一切意志行动走向既定目标的动力。情绪是一门非常丰富奇特而又相当复杂最不成熟的学问;文学艺术是能起到直接调节情绪、激发情感作用的,但它并不相当于情感科学技术。

(3)我们说需要激发情感,成为意志行动的动力。人的意志行动又只是建立在认知基础上的理智,才能使意志获得自由,把意志行动贯彻到底;反之,理智行动也需要人的意志,也只有以需要和感情作动力,才能坚持下去。这就是人们常常强调革命热情和科学态度,即冷和热相结合的道理。

从上述可见,在精神系统中"情感科学技术"是激发人的行为的动力,思维科学技术则使人走向理智行为;人的行为是受精神系统综合支配的,精神是人的内部心理,而行为则是以精神活动为背景表现出来的人体行为功能。同时可以看到"情"与"理"也就成为

精神——行为系统中最本质的联系。心理学界一般认为"两者相较,情是生命之根";情感的物质基础,情绪的生理机制及其生理反应,人与动物是一致的,而人建立在第二信号系统——语言基础上的理性认知能力,是动物所没有的,所以人们又把人看作是理性动物,以示人与动物的本质区别。

思维系统是从精神系统内部"知、意、情"或"情理"这个本质联系中独立出来的,以表示更能体现人体物与一切自然物所区别的是思维,具有认识改造世界这个理智行为的本质特征。"人类思维是地球上最美丽的花朵",是思维使人成为"万物之灵",创造了人类的精神财富——全部科学技术;是人类智慧、科学技术创造了当今世界。思维科学就是一门创造科学技术的科学技术,所以从更广泛的意义上来说,它也是一门"科学的科学","技术的技术"。

在钱学森思维科学的体系里,联系哲学的桥梁是认识论,基础科学层次的是思维学。逻辑思维对思维规律进行认识,是为思维提供理论基础的。在具有普遍适用的一般的科学技术方法中,哲学方法、系统方法和数学方法则具有特别重要的意义。它们就是钱学森整体构思的哲学、系统科学和数学。其实三者共属于思维认知科学同一层面,尤其是他潜心研究的系统工程、系统科学方法。由于他在辩证唯物主义那里取得了哲学上的表达方法,并在现在数学那里取得了定量的表达方式,从而又使三者构成了有机的联系。

哲学方法在思维认知方法中处于最高层次,而系统方法就处于哲学方法和其他研究方法的中间层次,是唯物辩证法的具体化和实际运用;唯物辩证法实际上是系统思想方法在哲学上的表达方式。然而使系统思想方法从一种哲学思辨的方法,发展成为专门的系统科学方法,则是定量的数学方法。正是由于20世纪中叶现代科学技术的成就,为系统思想方法提供了定量方法和计算工具。其实,任何科学就是研究对象系统的联系,科学规律就是"本质的关系或本质之间的关系"(列宁语)。数学方法就是"把规律用数学形式表达出来",即把系统的定性的联系归纳成数学模型,以反映其定量的关系。人们把以定量研究为主要方法的科学称为"精密科学"。在数学界认为"数学可以定义为量的科学","按照模式观,数学就是应用抽象的量化方法去研究结构模式的一门科学"。

也正是鉴于以上思路,钱学森进一步发展了系统学,提出开放的复杂巨系统及其方法论,这是他对系统科学最重要的贡献,是他在研究军事系统的同时,通过对社会、人体和地理三个复杂巨系统研究的基础上得出来的。认为对于这种复杂的巨系统,唯一有效的是从定性到定量的综合集成法。这就是社会科学向"精密科学"的过渡,是定性到定量的飞跃,可以说就是社会科学的微积分。与此同时,他又指出:"从定性到定量的综合集成技术,实际上是思维科学的一项应用技术。""应用技术发展了,也会提炼、上升到思维学的理论。最后上升到思维科学的哲学——认识论。哲学界现在争论的许多问题,都会有一个正确的答案了。"

由上可见钱学森这个综合集成法,其本身就是一个把哲学、系统科学、数学与思维科学连成一体的典型例子。"系统"概念的精髓就是强调整体观念,大智者的突出表现也在于能从整体上作出最佳抉择,所以钱学森在上述研究基础上,又进一步概括为"大成智慧学",即集古今中外各种知识之大成而得智慧。这里的集成就是用这个综合集成法。

第九章 钱学森现代科学技术体系的形成

钱学森现代科学技术体系的形成,并不是突发奇想,一蹴而就,而是经历了一个漫长的对现代科学技术发展的认识过程,逐步发展、完善,形成一个科学的、合理的、实用的、独具特色的科学技术体系。

钱学森现代科学技术体系的形成基本上可以分为三个时期。即孕育期(1957—1979 年);定型期(1979—1982 年);发展完善期(1982—1996 年)。1982 年是钱学森现代科学技术体系形成过程中的一个重要里程碑,现代科学技术体系的基本形式就是 1982 年确定下来的。

一、科学技术分类史的简要回顾

科学体系即科学分类体系,是认识科学之间相互关系的一种方式。根据各门科学的区别和联系,依据事物的矛盾和运动形式的特殊性,确定每门科学在与整个科学体系联系中的地位,揭示整个科学的内部联系和层次结构,把科学集合成不同体系。对科学进行分类的尝试古已有之。严格说来,古代只是知识分类,到近代以后才出现了科学分类,而社会科学内部的分类要晚一些。在 19 世纪前,从事科学分类的大都是一些哲学家和自然哲学家,由于当时还不存在科研规划和科研管理这类“大科学”活动,因此他们分类的目的仅是为了从总体上把握人类已有的知识。20 世纪的科学分类已经超出了单纯进行哲学概括的范畴,而成为科学规划、学校科系设置、科学研究和科研管理必要的基础知识。鉴此,在介绍钱学森现代科学技术体系的形成之前,我们仅以 1989 年版《辞海》科学分类和科学体系词条为线索,对各历

史时期较为典型的科学分类作一简要回顾。古希腊早期，科学和哲学混为一体，产生了自然哲学。这种自然哲学是从整体上对客体的思辨描述，没有分科也不存在分类问题。到了古希腊后期，包罗万象的哲学中分化出描述自然现象的天文学、数学和医学，以及反映社会文化的文学、法律、伦理等，一些哲学家开始了最早的科学（知识）分类尝试。然而由于古代的科学基本上处于现象的描述、经验的总结和猜测性的思辨阶段，这就决定了当时的科学分类也具有很强的笼统性和思辨性。最早提出科学分类的是柏拉图（Plato，B.C.428－348）。他认为世界的本质在于共相和逻辑理念，意识本身是知识的内容，而科学是建立在思维、普遍原则的规定、基本原理和假说之上的，由此提出了其构架在唯心主义唯实论基础上的科学（知识）分类体系。

早在20世纪70年代后期，钱学森就指出："我们研究科学技术体系学还必须考察自从19世纪中叶以来，这个体系产生和发展的历史。历史会给我们启示。"我们一般讲科学自文艺复兴起，16世纪以前只有科学的部分成果，形不成体系。到1780年，那时没有马克思主义哲学，也没有社会科学，科学技术就只有一个部类，即自然科学。到1850年，科学技术体系有三大部类。那时工程技术也没有成为学问，改造客观世界的能工巧匠只被认为是有才能的人，而他们的才能还没有总结成为学问，特别是能在高等学院里讲授的学问，所以列不进科学技术的体系中。到1890年科学技术体系由四大部类组成。大约在20世纪初，科学技术体系中仍旧没有技术科学这一大类，因为它尚在建立之中。那时数学也只是作为自然科学的一个部门，没有划出来，因为那时即便是科学的社会科学也还没有用数学方法，数学似乎为自然科学所独有。到了20世纪70年代科学技术体系有六个组成部分（如图9－1所示）概括一切的是哲学，哲学通过自然辩证法和历史唯物主义这两个桥梁和自然科学、数学科学和社会科学相联结。在自然科学、数学科学和社会科学三大类之下，介乎用来改造客观世界的工程技术之间的是技术科学。最后到现在的科学技术体系，这是科学技术体系的发展、演变，所以科学技术体系学不但研究一个时期的情况，即"现象学"，还要研究不同时期的变化，即"动力学"，科学技术体系学也包括科学技术近代史。

二、钱学森现代科学技术体系的孕育期（1957—1979年）

钱学森认为，从科学发展的历史来看科学的结构是怎样形成的，自然哲学走到自然科学，时间大概是19世纪下半叶。我们现在常常讲跟自然科学占同等位置或并行的还有社会科学，还要晚一些，可以说从19世纪后期才真正开始。道理很简单，因为研究社会，在马克思恩格斯以前根本是不科学的，只能说都是哲学性质的、猜的，议论性质的，是马克思恩格斯建立了科学的社会科学以后，社会科学才真正变成科学。从自然哲学变到自然科学，然后马克思恩格斯又建立了社会科学。马克思主义哲学是人认识客观世界的最高的科学的概括，而并不是凭空想出来的，它是根据人对客观世界的认识的提炼概括上升到哲学的。既然是最高概括的原则，它必然要进一步地指导我们的自然科学和社会科学的研究，所以从马克思主义哲学到自然科学、社会科学的关系是双向的，这一点是很重要的。

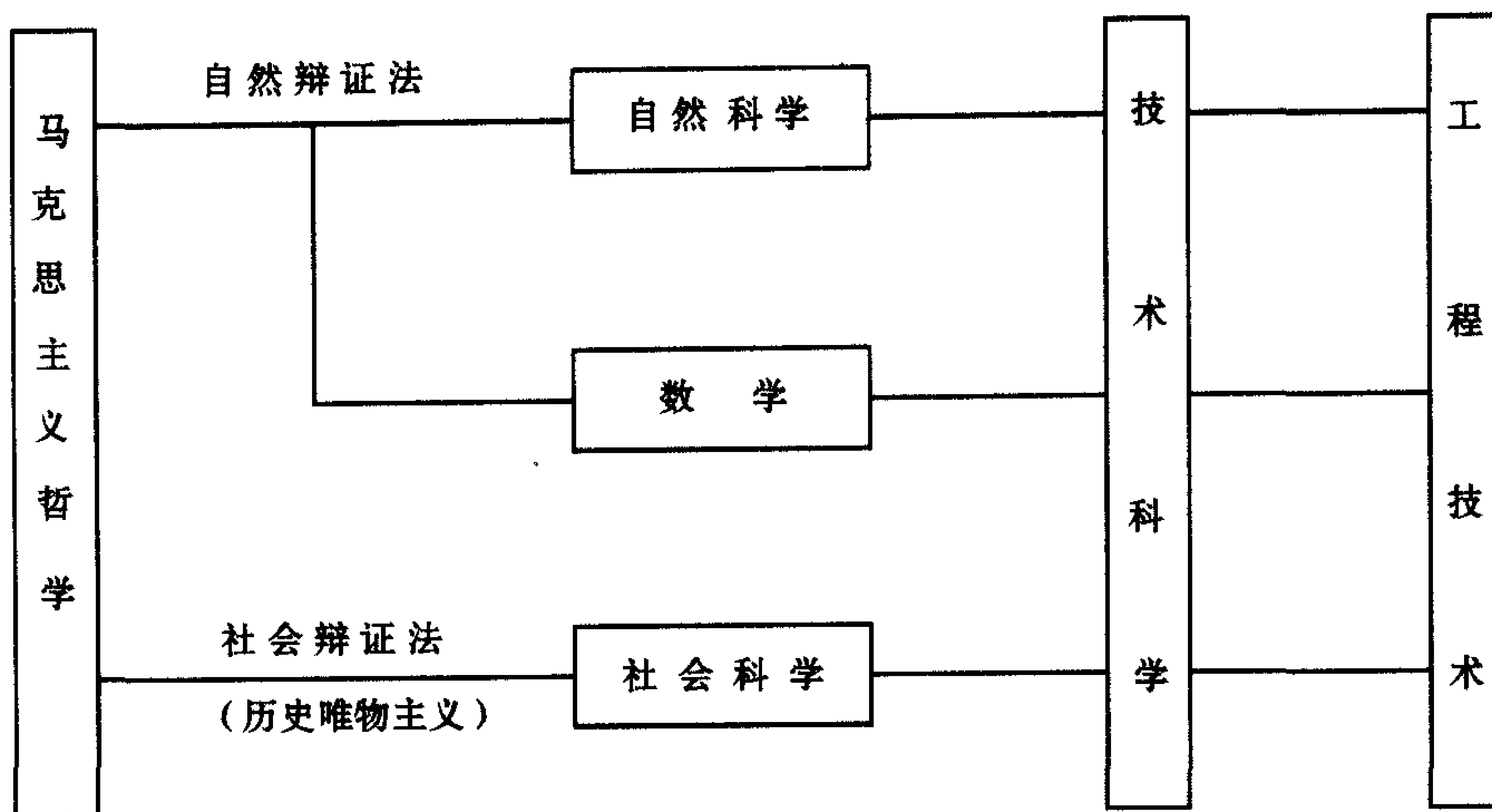


图9-1　科学技术体系

人们习惯于沿用19世纪的观念,将科学简单地分为自然科学和社会科学两大类。显然,这种实际上并不符合19世纪科学技术发展情况的二分法,更不可能符合今天面对的现代科学技术。钱学森从系统的观点出发,重新研究现代科学技术的体系问题,突破了18世纪林耐按动物、植物、矿物等的构造或外部特征的人为分类法;扩展了19世纪恩格斯按照物质运动形式区分自然科学各门类的方法;深化了毛泽东关于矛盾特殊性是科学研究领域划分根据的思想。提出了以人们研究问题的着眼点或看问题的角度之不同,来区分科学门类的科学分类法。各门科学所研究的对象都是统一的、同一的,即整个客观世界(包括自然、社会、人和人化自然等),这是各门科学技术知识相互渗透、相互借鉴、相互统一的客观基础。

1991年10月,在国务院、中央军委授予钱学森"国家杰出贡献科学家"荣誉称号仪式上,钱学森说:"我认为今天的科学技术不仅仅是自然科学工程技术,而是人认识客观世界、改造客观世界整个的知识体系,这个体系的最高概括是马克思主义哲学。我们完全可以建立起一个科学体系,而且运用这个科学体系去解决我们中国社会主义建设中的问题。"

事实上,钱学森对于科学技术体系结构的研究工作,早在20世纪50年代就开始了。1955年,钱学森刚从美国回到祖国时,发表的第一篇重要论文《论技术科学》,就阐述了现代科学技术领域中三个层次的观点,即基础理论、技术科学、应用技术,并以自己亲自参与美国应用力学发展的深刻体会,论述了技术科学的重大意义与作用:"虽然自然科学是工程技术的基础,但它又不能完全包括工程技术。因此,有科学基础的工程理论就不是自然科学本身,也不是工程技术本身,它是介乎自然科学与工程技术之间的,也是两个不同部门的人们生活经验的整合。要综合自然科学与工程技术,要产生有科学依据的理论,需要不同专业的人。由此看来,为了不断地改进生产方法,我们需要自然科学、技术科学与工程技术三个部门同时并进。在任何一个时代,这三个部门的分工都是必需的。"

1983年3月21日,钱学森在一次学术报告中回顾他提出现代科学技术体系结构缘

起时谈到："近代科学技术的体系到了第二次世界大战的前后，40、50年代前后，特别是在那以后，50年代、60年代、70年代看起来已经需要有一些改革，老的一套不太行了，不能满足事物的发展了。"在我国，1977年中国科学院在制定规划时只提出自然科学领域内的基础科学，分为数学、物理、化学、天文学、地理学和生物学。1978年召开了应用科学规划会，对技术科学和工程技术进行了探讨。钱学森综合两次规划会议的内容，设想的科学技术体系是三个层次、基础科学的六个方面。钱学森首先从自然科学部门科学地解决了现代科学技术体系主体的层次结构。这在他的科学技术体系研究历程中是第一次较大的飞跃（如图9-2所示）。

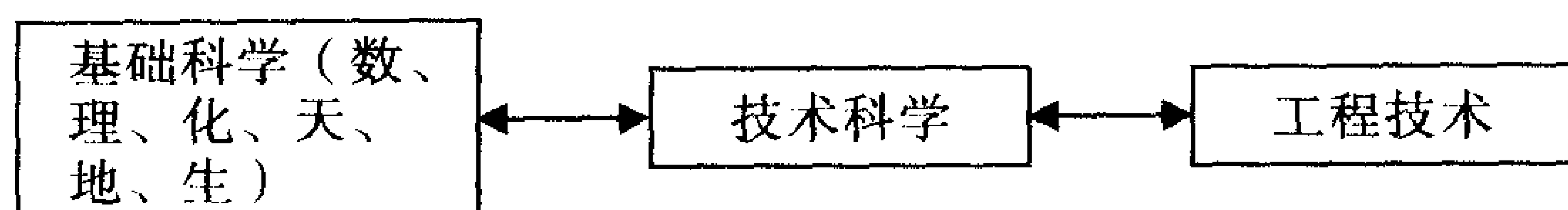


图9-2 自然科学部门的体系结构（三个层次）

从那时开始，钱学森投入很大的精力探索近代科学技术体系结构的改革方向，寻找改革的线索和具体的办法。他依靠马克思主义哲学原理，即马克思主义的辩证唯物主义指导。一方面以马克思主义哲学指导科学实践，另一方面用马克思主义哲学的观点，探索和设计新的现代科学技术体系结构。

经过二十多年从事国防尖端科学科技的实践和经验积累，在20世纪80年代钱学森中央党校讲课时，首次把原来人们心目中的自然科学和社会科学两大部门，扩展到八个，加上数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学和文艺理论，形成一个体系。过了几年他又加上地理科学、行为科学。1996年6月他又提出建筑科学的设想。在形成这样设想的过程中，他曾与建筑专家和城市规划专家作过多年探讨。

需要指出的是，钱学森在划分现代科学技术体系的同时，拓展了科学、技术、工程这三个在现代科学技术中极为常见的概念的外延，使之不在局限于"物理"的领域，而成为"事理"领域同样适用的术语。

三、钱学森现代科学技术体系定型期（1979—1982年）

1982——钱学森现代科学技术体系形成的里程碑。

钱学森自1957年开始研究现代科学技术体系结构以来，在20世纪70年代后期到80年代前期，集中发表了《现代科学技术》、《大力发展系统工程尽早建立系统科学的体系》、《关于建立和发展马克思主义的科学学的问题》、《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》、《再谈系统科学体系》等一系列论述现代科学技术体系结构的重要文章。以他《现代科学的结构——再论科学技术体系学》（《哲学研究》，1982年第3期）一文为标志，结束了长达二十五年的孕育期。

《再论科学技术体系学》无论如何也是一篇里程碑性的文献，因为在这篇文章里，钱学森不仅指出了传统的以对象领域划分科学部门的不足，同时提出了以学科特征，即研究客观世界的着眼点或角度作为划分学科部门的依据。同年，用他提出的划分标准，先后确立了他当时提出的自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、

文艺理论和军事科学八大学科部门。也就是在这篇文章里钱学森第一次确立了现代科学技术体系的结构模式(也称钱学森框架),即把从改造客观世界的实践技术到最高哲学理论,横向划分为四个层次,纵向划分就是大学科部门。这个框架结构的意义在于两个方面:一方面它完全不同于过去构建的种种框架结构;另一方面它令人耳目一新的形式构成了钱学森科学技术体系的雏形。因此,可以说 1982 年是钱学森现代科学技术体系形成的一个里程碑。

关于划分科学部门的规律性东西或者说构建现代科学技术体系的理论依据,1984 年 1 月钱学森作了系统的介绍。他说:“现代科学技术的结构,最完整、最明确的一个部门是自然科学,以及经典意义的工程技术。它从西方的文艺复兴到现在,已经有 400 年。因此,自然科学这个部门的结构,可以作为考虑其他科学部门结构的参考。”他进一步讲道:“自然科学从文艺复兴开始,经过了 400 多年的发展,形成了一个比较完整的体系:它的最高层是马克思主义哲学,然后是一个桥梁——自然辩证法,然后是自然科学的基础科学,然后是更接近应用的技术科学,最后是直接改造客观世界的工程技术。四个台阶,一个桥梁,最高层是马克思主义哲学。”“因为自然科学已经有了 400 多年的历史,其他都是 19 世纪以后才形成的,所以都可以采用老大哥——自然科学结构的模式。”这样,钱学森不仅总结提炼出他建立现代科学技术体系的规律和方法,也为科学技术体系今后的发展提供了范例和依据。

钱学森早在 20 世纪 80 年代初讲述建立思维科学体系时曾讲过一段话:“这里的基本道理是现代科学技术已经发展成为学科林立,分工越来越细,但又同时相互关系密切,形成一个整体。是整体就不能不研究整体中的结构、学科之间的联系和相互联系。是整体,就是一个系统,而系统一定有清晰的层次和部门性的分系统。所以我们研究现代科学技术的体系结构就要注意找出其中横向的层次和纵向的部门分系统,不然就认不清其中梗概;而如果连体系的梗概都没有弄清,又怎么能真正理解学科之间的相互关系呢?”这段话也表明钱学森对当时一些评述现代科学技术体系的观点的看法。他说:“这也是我不太满意有些评述现代科学技术体系的论文的原因,它们把学科之间的关系搞得很乱,体现不了事物本来具有的结构。”(《关于思维科学》)

关于现代科学技术体系横向层次的划分原则,钱学森是这样表述的:“这里我想讲一讲横向层次的划分。我们作这种划分的原则是:由于人认识客观世界是为了改造客观世界,我们划分层次可以按照是直接改造客观世界,还是比较间接地联系到改造客观世界来划分。其实这种分层法早已在自然科学的近一百年的实践中形成。因此也是经验的总结,不是凭空的臆想。在自然科学中,最先形成是理论的层次,即基础科学。至于间接改造客观世界的工程技术,先是作为工艺,不作为科学的,是大约在 19 世纪末、20 世纪初才成为科学,在高等院校中讲授了。至于介乎基础科学和工程技术之间的技术科学,它一方面是基础科学的应用,一方面又是不止一门工程技术的理论基础,形成得更晚一些,大约在 20 世纪 20—30 年代。”(《关于思维科学》)

1984 年,钱学森在北京全国首届思维科学讨论会上讲道:“我们在考虑一个部门的结构时,不能就部门论部门,我们必须看到整体。”“我们研究科学体系的时候,不是从人

的思维是怎么一个发展过程的角度来考虑的……我们认为有几个科学部门，它们最后都要概括到马克思主义哲学中去。我觉得这比较合符科学技术体系的概念。”

四、钱学森现代科学技术体系的发展完善期(1982—1996年)

从1982年以后，钱学森对现代科学技术体系结构作了进一步的系统化研究。1983年，他发表了《现代科学技术的结构》(Ⅰ、Ⅱ)的学术报告，1987年发表了《现代科学技术的特点和体系结构》等重要文章，极大地深化和推动了现代科学技术体系结构普及和发展。钱学森指出：“一切科学部门都应以整个客观世界为研究对象，按照对象划分学科的传统做法不科学，提出应以观察世界的不同角度来划分学科。”

1985年4月初，钱学森提出了行为科学。他说：“……行为科学好像搁到以前哪个部门里都不合适。行为科学是讲个体的人与社会的关系，既不是社会，也不是个体的人，所以又多了一个行为科学。”

1986年12月，钱学森在“第二届全国天、地、生学术讨论会”上提出，地理科学作为科学技术一个大部门，与自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学、文艺理论、行为科学等并列为十个科学技术大部门。钱学森提出地理科学的概念，是受系统科学、系统学、系统论哲学观点的影响，他说：“没有这种系统观点，我是不会有地理科学的想法。”

1994年，钱学森借鉴现代哲学家熊十力(1885—1968)关于人的智慧分为“性智”和“量智”的观点，在体系结构的纵向排列上增加了“性智”和“量智”的概念。这一时期，在体系结构横向层次中增加了“前科学”的概念，即实践经验知识库和哲学思维；不成文的实践感受。

1996年6月，在经过对园林学、城市学和山水城市等问题的长期深入研究，广泛征求城市科学界与建筑科学界学者专家意见的基础上，钱学森提出建立建筑科学大部门的概念，使现代科学技术体系成为到目前为止的十一大科学部门。

总之，现代科学技术体系是基于各门科学研究的对象，都是统一的物质世界的认识，区分只是研究的角度不同，这就从根本上拆除了以往各门学科之间仿佛永远不可逾越的中界，也必然使辩证唯物主义与各门学科内在地、紧密地熔铸在一起。这个体系从纵向分为三层：最上面一层是马克思主义哲学。马克思主义哲学、辩证唯物主义是人类一切知识的最高概括；从智慧形成的高度，以“性智”和“量智”来概括各科技部门及文艺活动与美学对人类的性智和量智两种类型智慧的形成与影响；最下一层是现代科学技术十一大部门，即自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、地理科学、军事科学、行为科学、建筑科学以及文艺理论与文艺创作，并分别通过十一架桥梁——自然辩证法、唯物史观、数学哲学、系统论、认识论、人天观、地理哲学、军事哲学、社会论、建筑哲学以及美学，把马克思主义哲学与十一大学科部门联在一起；在每一个学科部门中，又分为基础理论、技术科学、应用技术三个层次。钱学森的科学分类显示出学科部门之间本来就是互相联系、互相促进、不可分割的，并揭示了马克思主义哲学与各门具体科学技术必然的、紧密的熔铸在一起的内在联系，形成统一完整的现代科学技术体系。

五、系统方法论是建立现代科学技术体系的基本工具

系统方法是钱学森倡导的研究科学技术体系学的基本方法。研究科学技术体系的人，不论自觉与否，都要运用系统思想。钱学森的特点是完全自觉地把科学技术作为系统来研究，全面、准确地运用了系统观点和方法，并从科学方法论的高度加以提炼。1982年，他在谈到现代科学技术体系结构时指出："这也是系统，大的系统。我考虑这个大系统，也用了系统的思想，用了系统论里面的一些东西，用了系统科学里面的一些东西。"10年后，他进一步从理论上总结这种方法，提出"学科系统观点"这一科学学的重要概念。

按照系统论观点，以一个对象作为系统，一般都是某个更大系统（环境超系统）的一部分，是一个子系统。系统方法要求人们研究这个环境大系统明确自己关心的对象在其中的地位。钱学森把技术定义为改造客观世界的学问，不包括作为这种学问物化的工具设备，从而把科学技术都归属于知识范畴。用系统观点分析知识现象，钱学森断定人类知识的总体系统由四部分组成：不成文的实际感受，实际经验知识库，各门科学技术，哲学。科学技术这个子系统知识是人类知识总系统的一部分，而且是一小部分。人类知识的大部分属于前两种，可以统称为前科学知识。这些子系统之间密切相关，社会实践不断产生出前科学，前科学在发展中上升为科学技术，科学技术的更高概括产生了马克思主义哲学（哲学也包含一些直接从前科学中升华出来的思想观念）。这就从大的方面理清了人类知识总体的系统结构以及科学技术在其中的地位。

科学技术本身是一种系统。是系统就有结构。对事物作结构分析，是系统方法的另一项基本内容。分析大系统的结构，首先要划分子系统，理清子系统之间的关联方式。对科学技术体系而言，划分学科门类并理清它们之间的相互关系的一个关键是正确选择分类的标准。传统的做法是按研究对象的不同来划分学科。这种分类标准掩盖了学科之间的内在联系，所给出的分类不能明确表现出系统思想。钱学森决定另辟蹊径。他认为，一切学科都以客观世界为对象，按研究对象不同来划分学科。这是对科学技术体系的一个创举。这种划分标准内在地蕴涵着不同学科之间的密切联系，充分体现了系统思想。

每一门具体科学本身是一个较复杂的子系统。它包含的知识内容由于抽象概括程度不同，显示出不同的层次，有的直接联通社会实践，有的离开实践较远，比较接近于哲学，表现出科学技术作为系统的内在差异。为了理清这种层次结构，钱学森采用了系统分析方法，即毛泽东所说的解剖麻雀的方法。自然科学是发展历史最长、体系结构最完整的一个门类科学技术。在20世纪50年代，钱学森已经看出自然科学包含基础科学、技术科学和工程技术三个层次。1979年以后，他以更广阔的视野重新研究这个问题，进一步完善了三层次结构说。钱学森用这个观点去考察社会科学、数学科学、思维科学、系统科学等部门，发现三层次结构确是共同具有的。"这种部门结构的一致性首先说明这样的现代科学技术结构是比较合理的，代表不止一个或几个部门的结构，而是全部现代科学技术所共有的，是共性，是整体结构。"

剩下的一个问题，是如何沟通各门类具体科学技术与哲学的联系。钱学森提出著名

的“桥梁”概念,认为每一门类科学技术都通过特定的桥梁,这座桥梁就是系统论,等等。钱学森把它概括为三个层次一个桥梁的结构,或称为四个台阶结构。目前给出的科学分类为十一大门类,分别通过十一个桥梁与马克思主义哲学连通起来,形成现代科学技术的完整体系结构。

在构筑上述体系结构时,钱学森始终坚持开放性观点。这里的开放性包含两个相互联系的内容。一是从人类知识总系统的层次结构看,现代科学技术,上对哲学开放,下对前科学开放,处于不断地发展变化之中。开放还包含未完成的意思。科学技术本身是发展的,人对它的认识也是发展的。钱学森对科学门类的划分经历过多次改变,从最初的三个门类到现在的十一个门类,而且至今未说已经完善,并承认具体的门类划分有可商榷之处。每门学科的桥梁如何命名,也有待进一步推敲。总之,这一体系结构的构想仍在发展中。

钱学森用系统观点研究科学技术体系学,除了它的现象学内容外,还提出“研究科学技术发展的‘动力学’”。科学发展有一个体系化过程,自然科学最先出现体系化,现在各门科学都在系统化,整个科学技术也在系统化。形成体系后,还可能出现体系改组,甚至“重大改组”,形成“新的结构”。用系统学术语讲,这是科学技术体系作为系统所发生的相变,即动力学研究的主要问题。钱学森认为,通过这种研究,发现任务多的重点学科,那是要加强的;找出有重要价值而现在无人搞的学问,那是要建立的新学科;发现行将消亡的学科,则要采取转移的措施。从系统观点研究科学技术体系,必然承认不同学科之间内在联系。“既是整体结构,那每个大部分就不能完全独立,有相互交叉。不同学科之间既有平行的一面,也有相互交叉、相互贯通的一面,某些知识领域可以同时跨越十一大门类中的若干学科,学科边界有模糊性,整个科学技术体系呈现出复杂的网络形态。这是学科系统观点的题中应有之义。”

六、坚持马克思主义的指导作用

钱学森明确宣布,要“用马克思列宁主义、毛泽东思想的立场、观点和方法来研究科学学”。他认为,研究人类社会实践中总结出来的全部学问,在马克思主义指导下,“组织成为一个科学的、完整的体系”,就是科学技术社会学。

钱学森认真研究了恩格斯的科学学思想,发现恩格斯在一百多年前已经提出并研究了自然科学的体系问题,指出19世纪的科学正在向“伟大的整体的联系的科学”发展,自然科学的体系化是科学进一步发展的必然趋势。他认为科学技术体系学要研究体系的组成部分、学科的产生、发展和消亡,体系的运动和变化等。钱学森坚持列宁关于帝国主义论的基本观点,联系科学技术发展的历史事实,得出一个重要结论:“从19世纪70年代开始,随着自由资本主义转化为垄断资本主义,科学技术就进入到现代科学技术的时代,工作方式从个体劳动转变为集体劳动,科学技术工作社会化了。”由此进一步把自己的研究课题界定为“现代”科学技术体系,而且确定了研究工作的一整套思路和方法。钱学森对马克思主义的信念是真诚的,应用是卓有成效的。

1991年,钱学森在“九十年代科技发展与中国现代化”系列讲座上指出:

过去人们对科学技术体系的认识,发展到今天,20世纪末是否还适用?比如,在马克思以前,社会科学不成其为科学,到马克思时代,才把社会科学建立在科学的基础之上。我们国家目前对科学技术体系的认识是分自然科学和社会科学,所以分设中国科学院和中国社会科学院;文化部还有一个艺术研究院。近几年出现了所谓软科学,国家科委有软科学研究指导委员会。什么叫软科学?因为国家科委有国务院的部委职责,分工上不能管社会科学,但工作中又遇到一些社会科学问题,怎么办?于是提出个软科学的概念。这都是人为分块建制造成的。在国外,这种混乱情况更为严重。搞什么政治的、经济的,想怎么说就怎么说,派别很多,一点也不科学。

我们怎么办?我们应该用马克思主义哲学的观点来看待这个问题。毛主席就曾说过,我们要更多地懂得马克思列宁主义,更多地懂得自然科学,也就是更多地懂得客观世界的规律,才能搞好革命工作和建设工作。列宁在《共青团的任务》中讲得更多,他说:"如果你们要问,为什么马克思的学说能够掌握最革命阶段的千百万人的心灵,那你们只能得到一个回答:这就是因为马克思依靠了人类在资本主义制度下所获得的全部知识的坚固基础。马克思研究了人类社会发展的规律,认识到资本主义的发展必然导致共产主义,而主要是他完全依据资本主义社会所做的最确切、最缜密和最深刻的研究,借助充分掌握以往的科学提供的全部知识而证实了这个结论。凡是人类社会所创造的一切,他都有批判地重新加以探讨,任何一点也没有忽略过去;凡是人类思想所建树的一切,他都放在工人运动中检验过,重新加以探讨,加以批判,从而得出了那些被资产阶级狭隘性所限制或被阶级偏见束缚住的人所不能得出的结论。"(《列宁全集》新版第39卷,298~299页)由此我们应该站得高一些,总揽全局,认识到马克思主义哲学是人类认识世界的最高概括,是人类智慧的最高结晶。在马克思主义哲学指导下,研究各种不同对象,有不同的科学部门。而且,我们要认真地思考时代的特征。今天离马克思时代又有一百多年了,世界发展了,科学技术大发展了。我们还要展望即将来临的21世纪。

这样,我们的科学技术体系就不能像老一套那样,只是自然科学和社会科学,而是一个大体系:第一个部门是自然科学;第二个部门是社会科学;第三个部门是数学科学,因为不管是研究自然科学还是社会科学,都要运用数学手段,因此,数学不能只属于自然科学,应该成为一个独立的部门;第四个部门是系统科学;第五个是思维科学;第六个是人体科学;第七个是军事科学;第八个是行为科学;第九个是地理科学;第十个是建筑科学;第十一个是文艺理论。这十一个科学技术部门构成一个体系。每一个部门都有一个联系马克思主义哲学的桥梁,即从这个部门的科学研究成果中提炼出来的思想,它要丰富和发展马克思主义哲学,而马克思主义哲学又要通过这一桥梁来指导这个部门的科学研究。自然科学的桥梁是自然辩证法;社会科学的桥梁是历史唯物主义;数学科学的桥梁是数学哲学;系统科学的哲学概括是系统论;思维科学的哲学概括是

认识论;人体科学的哲学概括叫人天观,即人体与自然环境、社会环境的关系;文艺理论的哲学概括是美学;军事科学的哲学概括是军事哲学;行为科学的哲学概括可以叫社会论;地理科学的哲学概括是地理哲学;建筑科学的哲学概括是建筑哲学。

在钱学森的现代科学技术体系中每一个科学部门又分三个层次。这是需要各大科学部门的学术工作者自己努力去建立的,当然,这也为广大科学技术工作者和学者专家提供了施展才华的广阔空间。其中自然会有许多具体问题需要我们去解决。钱学森认为:"自然科学技术部门最高的层次是基础科学(如物理、化学等);实际应用的是工程技术;在基础科学与工程技术之间的,是技术科学。如应用力学、电子学等都属于这个层次。这三个层次,是自然科学经过一百多年发展形成的。我认为这十一个部门都应该有三个层次。比如,社会科学的三个层次怎么分?目前中国社会科学院的研究所都是理论性的,这恐怕不行。社会科学也要形成三个层次的概念,其他几个部门也一样。唯一例外的是文艺,文艺恐怕只有理论的层次,到文艺创作就不是一个科学问题,而是艺术。"

第十章

钱学森现代科学技术体系的重要意义

一、促进马克思主义哲学的发展

科学技术体系是人类认识世界和改造世界的知识体系。钱学森根据自己参加和经历20世纪许多重大的科学革命和技术革命,认真总结100多年来的历史经验与教训,提出了一个包括社会科学在内的现代科学技术体系即十一个大部门和每一个科学部门的三个层次。各个科学部门通过各自的桥梁(该科学的哲学概括)与马克思主义哲学——辩证唯物主义相通,共同构成马克思主义哲学的基石。

学术界专家学者一致认为,钱学森对现代科学技术体系的构想揭示了马克思主义哲学和科学技术的内在联系,既坚持了辩证唯物主义世界观、方法论,又吸收提炼了当代科学技术的最新成就,因而蕴涵着丰富的新鲜创见,有着广泛而深远的意义。

学者们认为,钱学森多年来自觉地运用马克思主义、毛泽东思想的立场、观点和方法,去分析和研究现代科学技术体系,其成就本身就充分说明了马克思主义哲学的巨大威力和实践意义,同时在理论上还为马克思主义哲学的基本原理提供具体的科学论证,给人们形象地描绘出一幅客观世界的科学的辩证图景,使"看不见"的宇宙的图景显示得更加清楚。

二、有效组织管理科学技术工作,为社会主义建设服务

钱学森1991年10月16日曾在"国家杰出贡献科学家"授奖仪式

上的讲话中指出："今天科学技术不仅仅是自然科学的工程技术，而且是人类认识客观世界、改造客观世界的整个知识体系，而这个知识体系的最高概括是马克思主义哲学，我们完全可以建立一个科学技术体系，而且运用这个科学技术体系去解决中国社会主义建设中的问题。""假设我们把这个科学技术体系建立起来了，就跟放卫星一样，完全可以用来成功地建设社会主义。"事实上正是这样。因为当今科学技术的分类，一方面越分越细，而另一方面又相互交叉、相互渗透、相互影响、相互融通，许多边缘科学、集合性科学和横断科学不断出现。如何分类，从分类中清晰地看到交叉和相融，这对于落实科学发展观，增强自主创新能力，推动科学发展以及将科学技术转化为现实的生产力，更好地在整体方面规划有中国特色的社会主义建设十分必要。

科学技术体系的建立对制定科学技术发展规划、科学技术管理政策和组织科学研究机构具有指导意义。1979 年，钱学森在《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》一文中，引用了恩格斯一段非常精辟的话："一个伟大的基本思想，即认为世界不是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体，其中各个似乎稳定的事物以及它们在我们头脑中的思想映象即概念，都处在生成和灭亡的不断变化中，在这种变化中，前进的发展，不管一切表面的偶然性，也不管一切暂时的倒退，终究会给自己开辟出道路。""事实上，直到上一世纪末，自然科学主要是搜集材料的科学，关于既成事实的科学；但是在本世纪，自然科学本质上是整理材料的科学，关于过程、关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大的整体的联系的科学。"（《马克思恩格斯选集》第 4 卷，第 239 ~ 241 页）钱学森认为恩格斯在这里讲出了一个非常重要的事实，即新的学科会不断产生，然后发展，而老的学科又会消亡。

钱学森认为，恩格斯的这段话还强调了自然科学的整个体系，是科学进一步发展必然要出现的。他认为，我们今天理解这些论述应有三点要考虑：一是从恩格斯紧接着举出的关于动物植物过程的生理学，关于胚胎发育过程的胚胎学，关于地壳逐渐形成过程的地质学来看，一百年前的自然科学体系比起现在要松散得多，也有许多空缺和断开的地方，很不完整。二是他只讲了自然科学，没有包括社会科学。这是因为真正科学的社会科学还刚刚由马克思和恩格斯创立，还来不及纳入整个科学体系。三是恩格斯在这里没有涉及工程技术，因为当时工程技术才刚刚被认为是同自然科学有联系的，是以自然科学为理论基础的。由于这三点，我们当前的任务是如何把恩格斯提出的"伟大的整体的联系的科学"完整起来，他要建立包括自然科学、社会科学和工程技术，也就是科学技术体系，研究其组成部分的相互联系和关系，科学的产生、发展和消亡，体系的运动变化。研究和发展科学技术体系的目的就是用它来帮助组织管理科学技术工作、制定规划。因此，科学技术体系学也是科研系统工程的一个理论基础，就像科学学是科研系统工程的理论基础一样。

他赞成吴征铠院士讲的："所谓消亡，并不是说这些知识没有了，而是要上升到新的分类才有利于人才的培养，才符合客观发展的需要。"我们切莫把学科看作一成不变的。钱学森认为，有了这一步的研究，还是科学技术体系的"现象学"，还不到研究科学技术发展的"动力学"，要研究动力学还要深入分析现象学，从而发现任务多的重点学科，那是要

加强的；要找出重要任务而现在无人搞的学问，那是要建立的新学科；也要确定将要消亡的学科，以采取力量转移的措施。这里提到科学技术每一门学科每一门技术的研究任务，但学科研究任务究竟是怎么来的？总不该随心臆想。任务的来源首先是国家社会主义建设的总规划、总计划。这往往首先对工程技术提出要求，如国家农业现代化、工业现代化和国防现代化，对各门工程技术都会规定任务，然后各门工程技术对技术科学、对自然科学、对社会科学提出任务，也会对数学提出任务。任务的再一个来源是科学本身发展的需要，如高能物理的研究任务现在就不会来自农业现代化、工业现代化或国防现代化，而是自然科学本身发展的需要。

不少人指出，钱学森近年来对科学技术体系的研究有如林耐对生物体系的建立那样，对现代科学技术浩瀚广博的活动予以分类描述，逐步形成了比较全面完整的体系结构。这不仅是对科学技术本身的发展进步，而且对制定科学技术工作的管理政策具有非常重要的指导作用。还有的根据钱学森的十一大科学技术部门建议全国成立相应的科学研究院，并制定各自学科的发展战略和研究规划。

钱学森现代科学技术体系对文献的科学分类有指导意义。从事图书馆学研究的专家们指出，历代许多哲学家提出的科学分类体系，都曾对文献分类产生一定的影响。例如恩格斯的科学分类体系曾对我国当代的图书分类法如《中国人民大学图书馆图书分类法》、《中国科学院图书馆图书分类法》和《中国图书资料分类法》等产生一定影响。但随着科学技术的整体化发展，文献载体的日新月异，用户信息意识的不断增强，信息技术的不断提高，普遍感到这几部图书分类法的分类体系与现代科学技术发展产生了一些矛盾，如不适应现代科学技术整体化发展的趋势，难于处理一些新兴的综合性和横断科学的文献；文献分类体系陈旧，与现代科学技术体系相抵触。他们认为，钱学森的现代科学技术体系适应了当代科学技术发展的要求，表示应以这个体系为基础，建立新的文献分类体系。

三、有利于促进科学创新和技术创新，有利于创新人才的培养

钱学森现代科学技术体系对制定教育体系、教育计划和编写教材具有指导意义。有不少大学的教授们指出，钱学森不仅探索了科学技术整体的客观结构，同时也深入到微观的知识结构，这就有利于教育部门依照各学科之间的内在联系，系统而有效地掌握科学技术，遵循科学技术自身发展规律来制定教育体系、设置专业、安排课程、组织教学和编写教材，为迅速而有效地培养跨世纪的人才提供理论基础。

四、现代科学技术体系是学习掌握认识世界和改造世界的锐利工具

1. 有利于科技工作者开展科学技术研究

钱学森认为，研究科学技术体系结构对于从事科学技术研究的科技工作者来说，至少有三个好处：

第一，科学技术是一个整体，我们每一个人在从事科学技术研究工作的时候，不可能

一下子就研究整体,什么你都研究,这不大可能,因为这么大的一个范围,你无从下手。所以我们每一个人在研究科学技术时,总是研究科学技术中的某一个问题,就是说一个同志兴趣广泛,不限于哪一方面,但是他在任何时候所研究的工作必然是一个具体的问题,这个具体的是很窄小的。但是你在研究这个很小的问题时,你得首先知道这个整体是怎么回事,因为客观世界是一个整体系统,现在科学技术也是相互关联的,汇总起来形成一个系统。我们必须首先认识这个系统是什么。

第二,减少盲目性,避免走弯路。认识科学技术体系结构是为了知道自己所研究的这个问题在整个科学技术中的位置,它的左邻右舍是什么,它上面更理论的一些东西是什么,而更实际应用的又是什么,前后上下左右搞清楚。也就是你在研究工作中首先明确你研究的任务,从发展科学技术来看在什么地方,我解决一个问题不是为解决问题而解决问题,当然有它的实际目的。同时在学术上我要解决这个问题以后,又跟其他科学的发展,跟本部门的科学、另外一些分析是什么关系,这一点在我们研究工作中是相当重要的,不然你就要迷失方向。你走这个研究的道路还不知道它是四通八达的,到底要通到什么地方去,你没搞清楚,这就不好了,你没有一个总的认识,没有一个对你这项工作在整个科学技术体系里面占据了什么位置的认识,那么你的研究工作就有点盲目性,就会不可避免地走弯路。

第三,知道整个科学技术体系结构,可以让我们借鉴别的科学领域里做的工作,这对于从事创造性的脑力劳动者来说是非常重要的。别的领域里做的工作,常常可以对我们的研究工作很有启发,从事科学研究工作,最难的就在于把问题认识到,而认识到问题最有效的方法就是借鉴,联想别的地方有无类似的东西,用到我们这里行不行,这种想法很重要。这就要求你知道其他科学,其他技术最近有些什么发展,或历史上有些什么情况,这样给你一个线索。你不可能是凭空幻想嘛,总得有个来源嘛。科学技术体系结构正是为借鉴这种方法提供了一个很好的线索。

钱学森在《现代科学技术的结构(Ⅱ)》中讲过:“我们看问题不要老是局限于自己眼前的那么一小块儿,要是老局限于一小块,学问是做不深的。尤其今天的科学技术已经发展到了这么一个程度,即相互之间的关系非常密切和广泛,所以我们每个同志若没有这么一个整体看法,那你在工作当中恐怕就会钻进去而冒不出来,憋死在里面了。我们必须有一个全面的看法,时刻想着我做的这项工作在整个科学技术里头占有哪个位置。这样我们就能做到进退有据,而不是要么不敢进退,憋着,要么雏儿问世,乱来一气,东一下子西一下子。做科学工作没个章法那是不行的,什么叫章法?就是你对现代科学技术整个的结构有个认识。”

李政道教授说:“体系是人类智慧的集中表现。”仅注重实用性就难以形成完整的科学体系。如果只重实用,只求解决某种应用具体技术,就会只以会用为限,不可能对探索其中的未知现象产生浓厚的研究冲动,也必然缺乏探求自然规律所要求的足够宽阔的科学视野,也就不可能把触及的一些个别发现拓展成一种带有普遍性的科学规律,更不可能进一步把它完善成严谨的、完整的科学体系。

在谈到现代科学技术体系的意义时,1984 年钱学森在《社会主义法制和法治与现代科学技术》一文中指出:在社会主义法制和法治体系建立以后,“我们要对它们的层次性

分门别类的作出系统分析，也就是说要构筑出符合于实际的、严密的、最优的体系结构。系统与系统之间、层次与层次之间互有联系而又互有区别，界限分明，不重叠交叉、相互抵牾，相互违反。否则，法规与法规之间有些地方不协调、不衔接，执法就无所适从，甚至会造成各取所需的情况”（《论系统工程》，390 页）。

钱学森认为，今天的科学早已不是一门门孤立的学问，它们各有独立性，有各自的研究领域和研究方法，但它们还有相互的关联，不是所谓“隔行如隔山”，“老死不相往来”。不然又怎么能“一通百通”，“融会贯通”，“举一反三”？所以认识现代科学技术体系、结构是学习掌握认识客观世界、改造客观世界学问的锐利工具。

2. 促进传统科学分类的发展，有利于组织管理科学技术研究

长期以来，我国学术界一直将科学技术分为自然科学和社会科学两大类。钱学森将现代科学技术分为十一大部门，适应了现代科学技术的发展，使传统的科学分类发生了飞跃式进步。

研究科学技术体系结构，一个很重要的意义，就是从纵向上看可以从中找出不健全的科学部门，从横向上看，可以找出各学科部门中缺少的层次和学科，这会给科学研究人员很大的启发。20 世纪 70 年代末期，钱学森在对系统的应用问题进行研究时，对照现代科学技术体系结构，认为系统科学已经有了工程技术，有了技术科学，还缺一个基础科学，这就提出了一个问题，系统科学这个学科部门的基础科学到底是什么？经过近一年的思考，钱学森断定，尽管基础科学是什么还不清楚，但是应该有一个基础科学。这样，基础科学、技术科学和工程技术三个层次都有了，那么这个部门应该叫作系统科学。于是，1980 年在系统工程讨论会上，钱学森提出建立系统科学的概念，后来又提出系统科学的基础科学是系统学。钱学森在以后的学术报告中明确指出，他之所以能够提出建立系统科学这个大的学科部门和提出系统科学的基础科学就是系统学，就是得益于现代科学技术体系结构，“不然怎么知道缺还是不缺啊？一画这个表就清楚了，在那儿有个缺”（《人体科学与现代科技发展纵横观》，59 页）。

五、学术研究有明确的实践目标

对钱学森来说，研究科学技术体系不是一个纯学术问题，而是服务于明确的实际目的。钱学森是为了回答“如何加速发展我国科学技术”的问题而研究这一课题的。他认为：“研究与发展科学技术体系学的目的就是用它来帮助组织、管理科学技术工作，制定规划、计划。”他把科学技术体系学作为科研系统工程的理论基础之一，把握这一观点，我们就可以更好地理解十多年来钱学森关于我国科学技术发展的指导思想、方针、政策、组织形式所发表的大量论述和具体建议。

20 世纪 70 年代末，钱学森第二次“出山”，思维如脱缰之马，纵横驰骋在学术文化的多种领域，引起各界的极大关注。他的工作的中心很明确，就是探讨中国社会主义现代化建设的理论、方法和组织管理技术。在参与领导中国航天技术事业的二十多年中，钱学森形成了自己的系统工程思想和总体设计部的组织管理方法。钱学森从推广这种方法着手，提出建立社会系统工程和国民经济总体设计部的重大设想，开始了一场全新的

探索。他在这一探索中发现,要运用系统工程和总体设计部方法解决中国社会主义现代化问题,必须有整个现代科学技术体系的支持,整体地把握现代科学技术。回顾十多年的历程可以看到,钱学森关于科学技术体系的研究,同他对系统科学、思维科学、人体科学、地理科学和建筑科学等广泛领域的探索,以及在哲学上的探索,是相互交织进行的。这些思想在他陆续提出的半经验、半理论的定量方法学、定性和定量相结合的方法、综合集成工程等新概念中逐步升华,终于凝结出大成智慧学的概念。所谓大成智慧,就是集古今中外的哲学、科学技术和前科学知识之大成,获得解决开放的复杂巨系统问题的智慧。这种智慧主要建立在现代科学技术体系之上。

钱学森在学术活动中一贯反对从书本到书本的研究路线,坚持理论联系实际的方针。他主张把科学技术的研究作为一种人类社会活动,在正确的哲学思想指导下,"从理论上概括科学史研究的成果,分析各国科学技术研究的现象,总结我国科学技术工作的实践经验"。钱学森的学术思想十分开放,始终密切注视国际科技发展动态,强调研究世界科技发展的现象,从中引出科学学的结论。但他又明确反对言必称西方的崇洋思想,强调总结我们自己发展科技的实际经验,反对简单照搬西方科学学的现成结论,反对一味跟着外国人跑,鼓励人们勇于创立中国人自己的理论体系。他的现代科学技术体系结构充分体现了这种学术指导思想。

六、学术界对钱学森现代科学技术体系的高度评价

在中国"五四"运动75周年纪念的日子里,中国科学技术协会学会部、中国马克思主义哲学史学会、中国历史唯物主义学会、中国自动化学会、中国自然辩证法研究会、中国系统工程学会、中国图书馆学会、中国科学学与科技政策研究会、中国辩证唯物主义学会和浙江工学院等十个单位在北京科技会堂联合举办了"钱学森现代科学技术体系研讨会"。国务委员兼国家科委主任宋健、浙江省委书记李泽民、中国科协书记处书记刘恕、中国科学院院士戴汝为以及数十名自然科学家和社会科学家参加了研讨会。刘恕书记在讲话中说:"国家科委主任宋健、中国科协书记处书记高潮对这个会议非常重视,因为研讨钱学森提出的现代科学技术体系,不仅具有普遍的理论意义,而且具有重要的现实应用意义。"

在充分肯定钱学森现代科学技术体系的同时,与会者还就这一体系的进一步完善和发展提出了有益的意见。一些学者认为,科学技术体系问题涉及面相当宽广,包括哲学思想、文化、科学、技术、伦理、经济、政治、精神等各个领域。今后必须在全面研究的基础上,才能把握科学技术体系的本质和真谛。钱学森认为"这个科学技术体系是一个开放的体系,不断演化的,随着社会的进步,内容会发展变化,会有新的大部门出现",因此,还应随着科学技术的发展,不断补充新的学科部门。会上,有的专家提出增补价值科学、生命科学、教育科学、管理科学等。还有的专家指出,对现代科学技术体系问题的研究应成立专门研究机构,创办专门刊物和培养专门研究人才,尽早建立在现代科学技术体系基础上的"大成智慧学",更好地为社会主义现代化建设服务。

第十一章

一、钱学森系统思想和整体观的形成
二、钱学森对系统思想和整体观的丰富完善
三、系统思想和整体观的实际运用

钱学森的系统思想和整体观

在钱学森丰富的科学历程中，有一个非常明显的特点，那就是他的系统思想和整体观。20 世纪 70 年代以后的 20 多年时间里，是钱学森系统思维、系统思想非常活跃的时期。他一方面面向社会实践，另一方面追求理论与方法的创新，他的系统思想、系统方法、系统理论与系统应用，都有了新的发展，进入了新的阶段，达到了新的程度。他的整体观念也得到了充分的体现。

钱学森是我国系统工程和系统科学事业的开拓者和奠基者。他在这一领域中所取得的成就，是他的科学精神、科学思想、科学方法的重要组成部分。在这个领域的开创过程中，他所表现出来的勤奋的治学精神、严谨的治学态度、实事求是的治学作风，永远是我们学习的光辉榜样。

一、钱学森系统思想和整体观的形成

早在 1980 年中央电视台《系统工程讲座》的第一讲，钱学森就以《系统思想和系统工程》为题，对系统思想作了历史性的阐述。他认为，"系统"作为一个概念不是与生俱来的，也不像有些人讲的，是在 20 世纪 40 年代出现于西方。系统概念源于人类的社会劳动实践，所以一点也不神秘。人类自有生产活动以来，无不在同自然系统打交道。他在这篇讲稿中以战国时期李冰父子设计修造的伟大工程都江堰为例来说明系统思想的渊源。都江堰引水工程包括"鱼嘴"岷江分水工程、"飞沙堰"分洪排沙工程、"宝瓶口"引水工程三大主体工程和 120 多个附属渠堰工程，工程之间的联系关系处理得恰到好处，形成一个协调运转的工程总体。他还列举了我国古代天文学揭示了天体运行与季节变化的联系，编制出历法和指导农事活动的二十四节气的例子。

钱学森认为，所有这些古代的农事、工程、医药、天文知识等方面的实践，逐步形成了古代的朴素唯物自然观的系统概念的自发应用，人类在知道系统思想和系统工程之前，就已经在进行辩证的系统思维了。这正如恩格斯所说："人们远在知道什么是辩证法以前，就已经辨证地思考了。"(《马克思恩格斯选集》，第 3 卷，第 182 页)

朴素的系统概念，不仅表现在古代人类的实践中，而且在古代中国和古希腊的哲学思想中得到了反映。古代中国和古希腊的哲学家都从承认统一的物质原本出发，把自然界当作一个统一体，用自发的系统概念考察自然现象，这是古代中国和古希腊唯物主义哲学思想的一个特征。古代辩证唯物主义的哲学思想包含了系统思想的萌芽。19 世纪的自然科学，为唯物主义自然观建立了更加坚实的基础，为马克思主义提供丰富的材料。马克思、恩格斯的辩证唯物主义认为，物质世界是由无数相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的统一整体。随着自然科学的兴起与发展，人类对社会和自然界的认识逐步深化，由隔离、分析到综合、整体的漫长过程后，才认识到物质世界是由无数相互联系、依赖、制约的事物和过程所形成的统一整体。由此可见，辩证唯物主义体现的物质世界普遍联系及其整体性思想，也就是系统思想。系统思想就是辩证唯物主义的内容。到了 20 世纪，现代科学技术的成就又为系统思想提供了定量方法和计算工具，为形成系统工程创造了条件。总之，系统思想是从经验到哲学到科学，从思辨到定性定量的过程。

中国传统文化包含极其丰富的系统思想，被钱学森视为建立系统科学的宝贵资源，也受到国外系统理论大家们的一致推崇。钱学森那一代科学家大多都有比较深厚的国学修养。在这方面，钱学森考察过《易经》、《黄帝内经》等古代经典，阅读过熊十力等现代哲学家的著作，从古代中国的工程建设、园林艺术等方面悟出许多精深的系统思想，加上他对毛泽东哲学思想的深入研究，从中汲取了不少系统思想营养。

概括地讲，系统思想是进行分析与综合的辩证思维工具，它在辩证唯物主义那里取得了哲学的表达形式，在运筹学和其他系统科学那里取得了定量的表达形式，在系统工程那里获得了丰富的实践内容。古代农事、工程、医药、天文方面的实践成就，建立在这些成就之上的古代中国和古希腊朴素的唯物主义自然观(以抽象的思辨原则来代替自然现象的客观联系)，近代自然科学的兴起，由此产生的形而上学自然观(把自然界看做彼此隔离、彼此孤立、彼此不相依赖的各个事物或各个现象的偶然堆积)；19 世纪自然科学的伟大成就，以及建立在这一成就基础之上的辩证唯物主义自然观(以实验材料来说明自然界是有内部联系的统一整体，其中各个事物、现象是有机地相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用着的)；20 世纪中期现代科学技术的伟大成就，为系统思想提供的定量方法和计算工具；就是系统思想如何从经验到哲学的科学、从思辨到定性到定量的大致发展情况。

钱学森在回顾科学发展的历史时指出："从 18 世纪、19 世纪到 20 世纪第一次世界大战以前这个时期的科学发展有毛病，有缺陷。或者用恩格斯或马克思的话来讲，就是所谓还原的观点不免是形而上学的观点，以为分得越细就当然地知道整体了，因为我知道所有的细节嘛，那整体我就知道了。这实际上是形而上学的观点。恩格斯对近代科学的这条道路一方面作了充分的肯定。恩格斯说：'没有近代科学的形而上学的这种方法，就

不可能有近代科学的发展。’也就是说，你老是整体、整体，不把它解剖开，不一点点地搞清楚，那你的知识不能增加，老是囫囵吞枣，你也不知道怎么回事，老是外面，表面去看，那不行。所以近代科学的发展必须归功于从18世纪开始到19世纪的还原的观点，分析的观点。把事物暂时分解开，也暂时把它固定住，不要看他长的发展，而是研究它瞬间的状态。这个有它积极的一面，但恩格斯也明确地指出：‘如果老是这样下去，那就没有辩证法了，那就没有整体观了，那就没有事物是联系起来的、不断变化的、发展的观点了。’恩格斯在讲到这个问题时，一方面批判了这种形而上学的观点是不全面的，但也肯定了形而上学的近代科学的研究方法是必要的。当时是起了推动历史的作用。这讲得很好。特别到了20世纪50年代，Von Bertalanffy 看出这个毛病在生物学上很突出。这是一个大问题，给我们敲警钟了。近代科学的这套东西有点毛病，你要注意。”

1983年3月28日，钱学森在一次学术报告中讲到系统科学的概念时说：“到1980年下半年和1981年，我得到一些启发，从来没想到它可能从那儿对我有启发，因为这个启发不是来自搞系统工程的人，而是搞生物学的人。许多同志们熟悉，我那时不熟悉。这就是奥地利生物学家 Von Bertalanffy 这个人提出的观点，就是生物学越研究越细，一直到分子生物学，但对生命现象的整体反而好像不清楚了。所以他提出要研究整体，要研究整个系统。”

钱学森从 Von Bertalanffy、I. Prigogine、H. Haken 和 M. Eigen 等人的工作中得到了这样一个启示：一个复杂的系统的整体的性质、功能可以大大地不相同于每一个组成部分的性质和功能。研究复杂的系统的整体是非常重要的事情。复杂的系统它的整体的功能常常会出乎你的意料之外，你不可能先想到有这种功能，但是它有。所以还原观不能解决复杂系统的整体问题。后面这个话就是系统观，我们做学问要把还原观和系统观结合起来，这才是全面的。当然，这种观点钱学森在20世纪50年代研究工程控制论问题时已经有所阐述。

由此可以看出在钱学森的系统思想和整体观思想的形成过程中，Von Bertalanffy 和 I. Prigogine 等著名科学家的学术思想起到了重要的影响作用。

钱学森的整体观，应该说是直接缘起于他所从事的导弹事业。他深刻地认识到导弹是一个有机的整体，是一个系统，各分系统设计得再好，再完美，如果缺乏整体系统设计，整个系统也不一定是成功的。导弹研制工作的综合性与复杂性，总体与分系统之间都存在的联系，牵一发而动全局，各分系统的仪器设备之间，甚至零部件、元器件之间的关系也是如此。

1986年11月，钱学森在一次学术报告中对整体论与还原论的辩证统一关系再次作了阐述。他说，整体论即从整体来看，这个观点历史很古老。因为原来人们不知道怎么分解，他认为事物只能从整体出发。所以像中医的理论，中国古代的宇宙观，这都是整体论。现在也有人发展整体论的观点，称为“泛系理论”，你要看这个“泛系理论”，就知道系统本身的性质，他这个系统不再分解了，变成本身的性质，对称不对称啊、变化啊这些问题。这是现代化的整体论，所谓现代化就是他用了些数学语言，表达更精确一点。

钱学森认为，我们所提倡的系统论，即不是整体论，也非还原论，而是整体论与还原

论的辩证统一,是更高一层次的东西,即我们的系统论即包括整体论也包括还原论。我们对这两方面的贡献都不否认,但是我们要把它们综合起来。如果这样来看问题,也许更清楚一点。跟还原论对立的是整体论。中国古代的东西都是整体论。我们要将整体论和还原论统一起来变成系统论。因为在我们的系统观里并非不许说更下一层次的结构,或者更更下一层次的结构。我们考虑到了这些层次的结构,但是我们又必须考虑到整体。整体有下一个层次所没有的功能。再一个层次又有它自己的东西,下面一个个的层次,对这些层次的细的结构,我们还是要考虑的,但要从这些细的结构上综合起来,成为更高层次的功能,这是我们要注重研究的,这也是现代系统科学的贡献。

综上所述,我们是否可以说,钱学森系统思想和整体观形成于东方传统文化和哲学及中医理论等思想观念,而完善于冯·贝塔朗菲和普利高津等现代系统理论思想。

古希腊大学者亚里士多德(Aristoteles)讲了一句名言:"整体大于部分之和。"他是针对整体的结构,整体的效率一定大于部分的简单相加。这就是一个系统思想。能不能有这样一种思想和技术,那是事关重大的。

上世纪60年代,美国有个阿波罗登月计划。日本人把这个计划分析了一下,认为该计划中的每一个部件没有一件是日本人造不出来的,但是作为这个阿波罗计划的整体计划,整体设计,整体组织实施技术,日本人达不到美国的水平。所以说,系统思想是一个很重要的思想方法。

二、钱学森对系统思想和整体观的丰富完善

1. 对系统思想的丰富和发展

钱学森明确反对西方学者往往把系统概念说成是20世纪40年代突然出现的新东西的这种说法。按照历史唯物主义的观点,任何一种思想的产生、发展都有其社会历史根据,必须同时具备客观的需要和可能,有其客观的规律性。在钱学森讨论系统科学的文字中,一项重要内容就是考察系统思想如何形成和演变。他以颇具说服力的文字描绘了"系统思想如何从经验到哲学到科学,从思辨到定性到定量的大致发展情况",证明"辩证唯物主义体现的物质世界普遍联系及其整体性的思想。系统思想是辩证唯物主义的内容"。

钱学森不同意国外一些人一说到系统工程的系统,总好像是20世纪的新发现,是现代科学技术所特有的创造。局部与全部的辩证统一,事物内部矛盾的发展与演变等,本来是辩证唯物主义的常理,而这就是"系统"概念的精髓。以前在科学技术中不注意系统概念的运用,正是受了科学技术早年历史的影响。系统思想绝不是国外一些人所说那样是20世纪中叶的新发现和现代科学技术独有的创造。

钱学森肯定现代科学技术对于系统思想方法是有重大贡献的。第一个贡献在于使系统思想方法定量化,成为一套具有数学理论、能够定量处理系统各组成部分联系关系的科学方法;第二个贡献在于为定量化系统思想方法的实际应用提供了强有力的计算工具——电子计算机。这两大贡献都是在20世纪中期实现的。

2. 钱学森的整体观及整体思想

首先，有一点人们必须搞清楚，钱学森一贯强调的整体观及整体思想实际上是与他的系统思想紧密地联系在一起的，是不同于中国古代朴素的整体观的，因为他对事物的认识和把握，不是古代那种不得已而从整体到整体的直观整体观，不是古代东方朴素直观整体观的简单回复，而是在现代科学技术基础上向系统整体观更高阶段的发展。

钱学森的“整体观”是辩证唯物主义世界观的新发展，不是空泛的教条和信仰，而是行动的指南。整体观来自客观世界，是对客观世界科学而全面的反映，又是正确而有效地改造客观世界，进行社会实践的思想方法和工作方法。钱学森晚年所倡导的“从定性到定量的综合集成研讨厅体系”（大成智慧工程）及社会主义建设的总体设计部，就是整体观的体现和运用，构成了他系统科学的重要内容。

钱学森的整体性观点实质上是系统论、系统方法的一个基本观点。它包含着几层意思：一是把系统的各要素看作是有机联系的整体；二是把系统发展的各个过程看作是有机联系的整体；三是着眼于整体效果，认为要素性能好，整体功能不一定好，要素要服从整体。

钱学森的整体性思想与系统的整体性相关，它既把客体对象当作一个整体来研究，注重从该整体的外特征、外在关系出发，综合地把握整体；但是，它绝不拒绝分析整体，而忽视从整体的内在结构和内在关系出发来认识整体。他的整体性思想实质上是他系统思想的主要成分。

钱学森的整体观及整体思想观点，在马克思主义哲学中也是可以找到根据的，钱学森的文章里就引用过恩格斯在《自然辩证法》的《运动的基本形式》一文中所说的“我们所面对着的整个自然界形成一个体系，即各种物体相互联系的总体”，以及恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》所写的“世界不是一成不变的事物的集合体、而是过程的集合体”。恩格斯讲的事物的集合体、过程的集合体以及相互联系的总体，不就是今天所讲的系统吗？在马列著作中多处论证了世界的统一性问题，指出世界是不可分割的统一体。钱学森赞同毛泽东在《矛盾论》中所论述的许多对矛盾共处于一个统一体中的观点。他认为，这里所说的统一体中的许多对矛盾，与系统论中所说的整体中的许多元素，其精神是一致的，不过前者的哲学意义更深刻。在元素与整体的关系方面，毛泽东也有很多类似的富有哲理的论述，他在《矛盾论》中说，不要“只看见局部，不看见全体，只看见树木，不看见森林”。

三、系统思想和整体观的实际运用

早在1954年钱学森在他出版的英文版《工程控制论》一书的第18章中，就讲用不那么可靠的元件组成高度可靠的系统问题。这大大超出了当时自动控制理论的一般研究对象了，实质上是系统学的问题。1955年在归国途中就和许国志教授讨论如何把运筹学和社会主义计划经济结合起来的问题。钱学森比较深刻地理解系统工程、运筹学、控制论的关系，他也远比许多人更早地触及系统科学的研究领域。

钱学森运用系统思想，首先表现在他提出了一个清晰的现代科学技术的体系结构，

认为从应用实际到基础理论，现代科学技术纵向可以分为四个层次，而整个现代科学技术从横向可以分为十一个科学技术部门。

钱学森运用系统思想，体现在他提出了一个清晰的系统科学结构。作为现代科学技术十一个科学技术部门之一的系统科学，是由系统工程这类工程技术，系统工程的理论方法像运筹学、控制论和信息论这类技术科学，以及系统科学的基础理论系统学等组成的一个新兴科学技术部门。

钱学森运用系统思想，也体现在他提出系统工程是组织管理的技术，即把传统的组织管理工作总结成科学技术，并使之定量数值化，以便运用数学方法。系统工程是一大类工程技术的总称而不是一个单一的学科，正如我们传统理解的工程是土木、机械、电机等等工程的总称一样。于是便将"人各一词，莫衷一是"的情况澄清为"分门别类，共居一体"。这就给系统工程一个确切的描绘，论述了系统工程在整个系统科学体系中所处的地位。

钱学森运用系统思想，还体现在他分析综合了我国社会主义建设的系统结构，从总体上提出了一个清晰完整的社会主义建设的体系结构。社会主义建设涉及四个领域，九个方面，即社会主义政治文明建设，包括民主建设、体制建设和法制建设；社会主义物质文明建设，包括经济建设和人民体质建设；社会主义精神文明建设，包括思想建设和文化建设；社会主义地理建设，包括环境保护、生态建设和基础设施建设。他认为，社会主义建设的各个方面又必须协调发展，不要丢掉任何一个方面，只有这样，才能获得高的效率；社会主义建设是一个非常复杂的巨系统，一定要用系统工程的方法，才能把各个方面工作协调好。为此，他提出，设置专门从事这项工作的总体设计部，对这四个领域，九个方面的工作和问题，进行总体分析、总体论证、总体设计、总体规划、总体协调，抓住关键，提出现实可行的各种配套方针政策和发展战略，为决策者和决策部门提供科学的决策方案。

第十二章

综合集成方法(论)

复杂系统、复杂巨系统(包括社会系统)的研究,是系统科学研究的核心问题,也是系统工程应用难以处理的问题。对于简单系统、简单巨系统均已有了相应的方法论和方法,也有了相应的理论与技术,并在继续发展之中。对于复杂系统、复杂巨系统,首先遇到的是方法论和方法问题,它不是已有科学方法所能处理的。

1989年,在"系统学讨论班"上,钱学森提出"从定性到定量综合集成法"(简称综合集成法),并于1990年在《自然》杂志上正式公开发表。这一提法在系统科学界产生很大影响,被称为中国系统科学发展史上的第二个里程碑。1992年,钱学森又提出了综合集成法(论)的实践形式"从定性到定量综合集成研讨厅体系",并将运用这套方法的集体称为总体部,为复杂系统、复杂巨系统的研究提供了一套切实可行的方法论和具体方法。这就将系统论方法具体化了,形成了一套可以操作的行之有效的方法体系和实践方式。从方法与技术层次上看,这是人-机结合、人-网结合以人为主的信息、知识和智慧的综合集成技术;从运用和应用层次上看,是以总体部为实体进行的综合集成工程。

一、钱学森提出综合集成方法论的思想发展轨迹

20世纪80年代,一场跨学科、交叉学科融汇的科学革命开始兴起。在美国新墨西哥州洛斯阿尔莫斯国家实验室(Los Alamos National Lab)的几位元老,不满于当时跨学科研究的条件的局限性,在距离该实验室56公里的圣塔菲,建立了一个圣塔菲研究院(Sante Fe Institute)。他们

先后邀请了三位诺贝尔奖获得者：夸克理论的创始人、加州理工学院的 Murray Gell-Mann，斯坦福大学的经济学家 Kenneth J. Arrow 以及普林斯顿大学凝聚物理学家 Philip W. Anderson 和一些不同领域（生物学、经济学、管理学、计算机科学、物理学、数学、哲学等领域）的年轻科学家，在圣塔菲研究院安排了经济、物理、生物、计算机、考古、政治学、人类学等领域中的学者的对话与研究，试图在各种不同的复杂系统之间找出一些共性。这些科学家们摆脱固有学科一些观念的束缚，探索未知的新天地，进行一场跨学科、学科大整合的科学革命，致力于他们称之为复杂性科学的开创，所进行的科学发展模式是史无前例的。

几乎和圣塔菲研究院的科学家同时，在中国，钱学森正带领年轻的科学家们在对系统科学加以研究，于 20 世纪 80 年代末总结和提炼出开放的复杂巨系统（简称复杂巨系统）及其方法论。对于自然界和人类社会中一些极其复杂的事物，从系统学的观点来看，可以用复杂巨系统来描述。处理这种复杂巨系统，在当时只能用从定性到定量的综合集成法（meta-synthetic methology），以此方法为基础，钱学森开创了复杂巨系统科学。

1981 年夏到 1982 年 10 月，钱学森在为指导王寿云编著《现代作战模拟》一书而进行的多次讨论中，对 F · W · 兰彻斯特（F. W. Lanchester）的工作进行了研究，从中提炼出一种"半经验半理论处理复杂对阵问题的方法论"。后来，钱学森又进一步研究了这一方法的更为广义的含义，这就是处理复杂行为系统的定量方法学，具有半经验半理论的性质。强调"提出经验性假设（猜想或判断），是建立复杂行为系统数学模型的出发点……从建模一开始就老老实实承认理论的不足，而求助于经验判断，让定性的方法与定量的方法结合起来，最后定量。"这个定量方法就是综合集成法的早期形态。综合集成法的两大突出特征（定性研究与定量研究有机结合、科学理论与经验知识结合）已经在这一方法中体现出来。

从 1986 年 1 月开始，在钱学森指导下，系统学讨论班又进行了方法论的探讨，考察了各类复杂巨系统研究的新进展，特别是在这以下四个方面：①在社会系统中，为解决宏观经济决策问题，在马宾等经济学家与当时航天部的 710 所的联合研究中，由几百个变量和上千个参数描述的、定性与定量相结合的系统工程技术的应用研究；②在地理系统中，用生态系统、环境保护系统以及区域规划等综合探讨地理系统的研究和应用；③在人体系统中，把生理学、心理学、西医学、中医学和传统医学等综合起来的研究；④在军事系统中，开展军事对阵系统和现代作战模型的研究。

在对上述这些研究进展提炼、概括和抽象的基础上，1989 年钱学森又进一步提出了从定性到定量的综合集成法。一方面体现了人认识客观世界的规律是从感性认识到理性认识，同时也体现了思维科学中从形象思维为主的经验判断到以逻辑思维为主的精密论证过程。这也正是一切"精密科学"的共同特点。综合集成法的提出，是钱学森研究开放的复杂巨系统的突出成果。钱学森将该系统划分为简单系统和巨系统两大类型，又将巨系统再进一步划分为简单巨系统和复杂巨系统。对于简单系统，可以从子系统间的相互作用出发，直接综合得到全系统的功能，这就是直接综合法。对于简单巨系统，直接综合的方法就不行，需要用统计方法，普里高津（I. Prigogine）和哈肯（Haken）的自组织理论

对此作了贡献。对于开放的复杂巨系统,就不能再用还原论的方法去处理。钱学森在总结社会系统、人体系统、地理系统和军事系统四个具体的开放的复杂巨系统的研究实践的基础上,提炼出处理这类系统的方法,这就是“从定性到定量的综合集成法”。

二、从定性到定量综合集成方法及其特点

20 世纪 80 年代末,钱学森明确提出,处理开放的复杂巨系统的方法论是“从定性到定量综合集成法”,后来又发展到它的应用形式“从定性到定量综合集成研讨厅体系”(以下简称综合集成研讨厅体系)的实践形式。这既是从整体研究和解决问题的方法论,也是从整体研究和解决问题的具体方法,采取人机结合以人为主的思维方法和研究形式,对不同层次、不同领域的信息和知识进行综合集成,达到对整体的定量认识。实践证明,这套方法论在应用中是有效的,而且必将随着应用的发展而不断发展。

1. 综合集成方法

综合集成法作为一项技术就是综合集成技术,作为一门工程就是综合集成工程。首先是将科学理论、经验知识和专家判断力相结合,形成经验性假设(猜想或判断),再运用现代计算机技术,建立起包括大量参数的模型,接着经计算机仿真和计算,得出定量结果,再由专家进行分析、综合和判断,通过“人机交互,反复对比,逐次逼近”,最后形成结论与建议,其工作程序如图 12 – 1 所示。

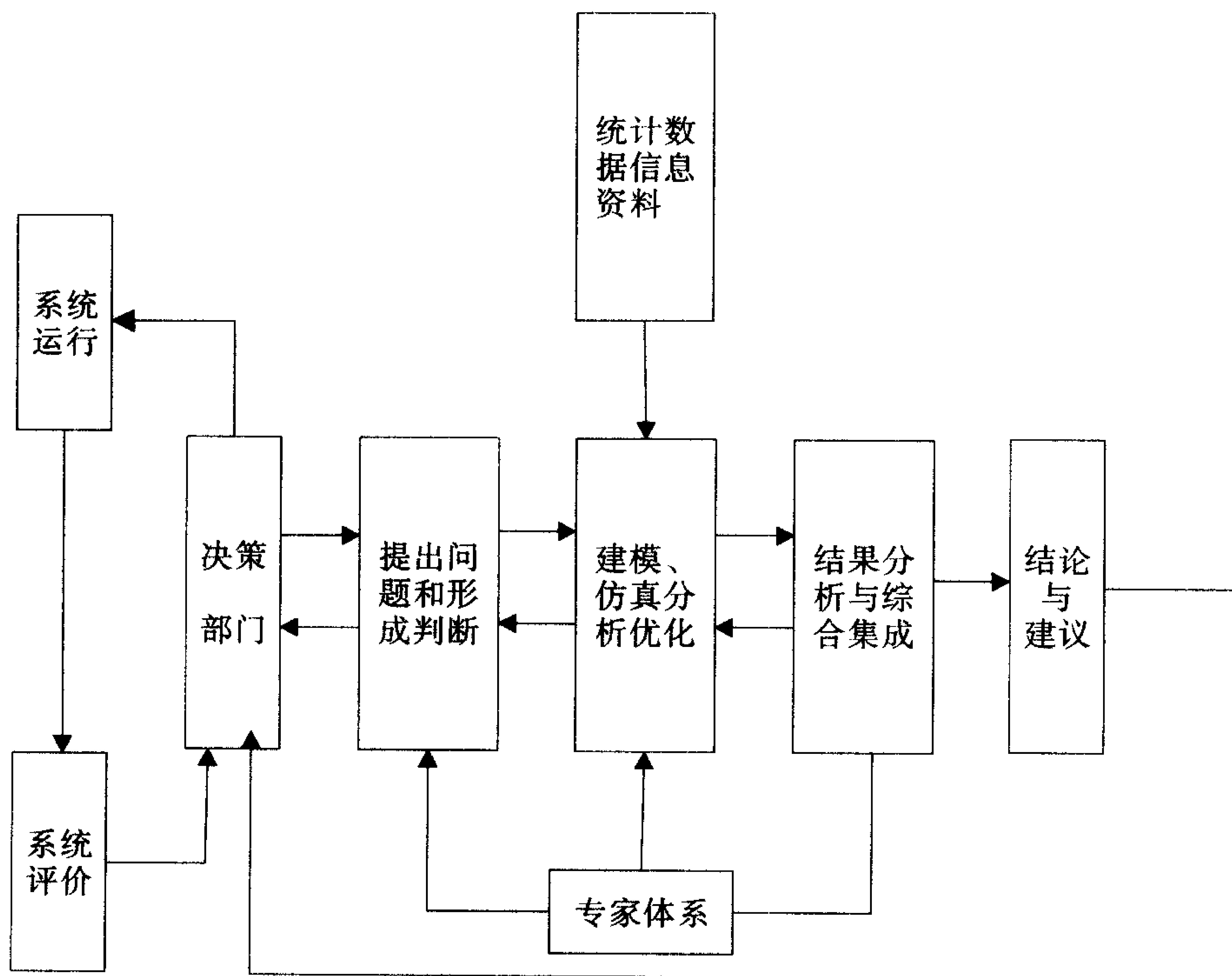


图 12 – 1 综合集成法工作程序

综合集成法的实质是将专家群体(与所研究问题有关的专家)、统计数据和信息资料、计算机三者有机结合起来,构成一个高度智能化的人－机结合体系。这个体系具有综合集成优势、整体优势和智能优势,能把人的思维、思维的成果、人的经验、知识、智慧以及各种情报、资料和信息系统集成起来,使人从感性认识上升到理性认识,实现从定性到定量的综合集成功能。

1989年12月,钱学森在第三届全国天地生相互关系学术讨论会上的发言中,比较通俗地介绍了处理开放的复杂巨系统的综合集成方法:

> 1988年以来,航天部710所在马宾同志的协助下,承担了一些社会经济问题的研究,接受了国家计委的经济问题咨询任务后,找了许多有经验的社会科学家和经济学家谈对经济问题的看法。他们发现既然专家们各有各的经验,各有各的办法,个人都从自己的方面来谈这个问题,那么就把各方面的意见汇总起来看看怎么样,这是他们的一个创造。他们的工作方法是先听取专家们的意见,再根据各种因素,把专家的意见转变成一个数学模型,然后上计算机计算,再把专家们找来,请他们对计算机的结果审查提意见,然后根据大家的意见修改数学模型,再计算,再请专家们评审,通过反复对比,一直到专家们都说差不多了,看不出有什么问题了,最后形成结论。后来通过实践,国务院参照他们的建议执行后,非常成功,他们的建议和实际执行的结果偏差比从前小,最准。后来我和他们讨论总结出处理开放的复杂巨系统的方法。这种方法取名为从定性(专家意见)到定量(计算机的计算)的综合集成方法。
>
> 这个方法,最近几年在经济问题上经过多次考验,计算结果与预测结果与实际比较是最准确的。所以,这种方法是处理开放的复杂巨系统的可靠方法。最近,我们又对这种方法进行改进。由于综合专家的意见很费事,尤其是问题很复杂,而且每一个专家所接触到的事物又有局限性时,使得问题变得很复杂,这时我们采用了我们党多年来采用的民主集中制的方法。民主,是做不做的问题,民主后能不能真正集中是个大问题。听专家的意见,不是听几位、十几位,而是听成百上千位专家的意见。处理这样的问题得找到帮手。什么帮手?知识工程、人工智能、专家系统等新技术。把这些新技术引进来就可以解决这个问题,即使再复杂的问题也能解决。虽然这项发展还是初步的,但是已经找到了一条路,而且实践的结果证明这条路是可行的,比普里高津、哈肯的方法好得多,更可靠。

《自然杂志》1990年第1期发表了钱学森、于景元、戴汝为三人署名的一篇重要论文《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》,首次向世人公布了这一新的科学领域及其基本观点。对复杂巨系统这一概念规定了六个要点:①系统的子系统间可以有各种方式的通信。②子系统的种类多,各有其定性模型。③各子系统的知识表达不同,以各种方式获取知识。④系统中子系统的结构随着系统的演变会有变化,所以系统的结构是不断改变的。还定义了"开放性"的含义是指系统与外界物质、能量或信息交换。⑤系统与系统中的子系统分别与外界有各种信息交流。⑥系统中的子系统通过学习获取知识。

钱学森从科学史的角度指出了综合集成法的意义：在科学发展的历史上，一切以定量研究为主要方法的科学，曾被称为"精密科学"，而以思辨方法和定性描述为主的科学则被称为"描述科学"。社会科学是以社会现象为研究对象的科学，社会现象的复杂性使它的定量描述很困难，这可能是它不能成为"精密科学"的主要原因。尽管科学家们为使社会科学由"描述科学"向"精密科学"过渡作出了巨大努力，并已取得了成效，如在经济科学方面，但整个社会科学体系距"精密科学"还相差甚远。从前面的讨论中可以看到，定性定量相结合的综合集成法实际上是把大量零星分散的定性认识、点滴的知识，甚至群众的意见，都汇集成一个整体结构，达到定量的认识，是从不完整的定性到比较完整的定量，是定性到定量的飞跃。当然，一个方面的问题经过这种研究，有了大量积累，又会再一次上升到整个方面的定性认识，达到更高层次的认识，形成认识的又一次飞跃(《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》)。

2. 综合集成方法的特点

综合集成方法作为一种方法论，有其自身的特点。它是在现代技术发展这个大背景下提出来的。钱学森曾指出："现代科学技术不单是研究一个个的事物、一个个现象，而是研究这些事物、现象发展变化的过程，研究这些事物相互之间的关系。今天，现代科学技术已经发展成为一个很严密的综合起来的体系，这是现代科学技术的一个重要特点。"钱学森提出的现代科学技术体系结构，是一个矩阵式结构，从中可以看到人类知识体系由三个层次的知识构成：①经验知识、感性知识以及不成文的实践感受，即前科学。这部分知识的特点是知道是什么，还不能回答为什么。尽管如此，这部分知识对我们是很宝贵的，也要珍惜。而且这类知识经过研究、提炼也将成为科学知识。②科学知识。这类知识的特点是：不仅知道是什么，还能回答为什么。这部分知识已经发展成为十一大科学技术部门和三个层次所构成的体系，而且随着科学技术的发展，还会有新的科学技术部门产生。这个体系对我们尤为可贵，是我们科教兴国的基础力量。③哲学知识。哲学不仅是知识，还是智慧，特别是马克思主义哲学是人类知识的最高概括，也是人类智慧的高度结晶。由此我们亦可以将综合集成方法的特点归纳为如下三个层次或者三个方面：

(1)信息的综合集成。人类发展到今天，信息已是一切活动的基础，但是有了信息未必就有了知识，有了知识未必就有了智慧。怎样才能把各种各样的经济、政治和科技等信息资源，把位于不同位置、具有不同形式和不同结构的信息集成起来。综合集成研讨厅本身就是一个综合的信息平台，为专家之间进行研讨和信息集成提供了良好的经济环境。

(2)知识的综合集成。知识的综合集成通常是跨层次(经验的、科学的、哲学的)、跨学科、跨领域甚至跨科学技术部门的综合性研究。综合集成方法可以进行大跨度、大范围、不同层次的综合集成，产生新知识、发现新规律、获得新认识。综合集成研讨厅本身具有知识的产生与服务机制，各种已有知识和专家的知识在研讨厅中互相交汇，共同为解决某一个决策问题服务。另一方面，专家在研讨中获得的知识也对研讨起促进作用，而且从研讨的中间和结论中同样可以生成新的知识供其他专家和以后的研讨使用，由此达到专家知识综合集成的目的。

(3)智慧的综合集成。专家是智慧、知识和信息的载体,特别是专家们掌握着丰富的经验知识以及不成文的感受。一个专家的知识和经验是局部的和片面的,但专家群体所掌握的知识和经验就比较全面了。这也说明了为什么在综合集成方法中需要有专家群体,要有知识结构合理的专家群体。在研讨中,研讨厅提供了多种意见整合办法来帮助各个专家主动从其他专家的智慧中吸取营养。这种技术手段的应用使综合集成研讨厅成为综合集成专家智慧的场所。

综合集成方法对信息的综合集成可以获得知识,信息和知识的综合集成可以获得智慧。从这个意义上说,综合集成方法是人-机结合的知识和智慧的生产系统,是知识生产力和精神生产力。它是我们由过去完全依靠人脑进行知识生产转变为人脑与电脑相结合的知识生产方式,是人类的一大进步,也是当前这场信息技术革命对人类社会发展影响的重要方向。

三、综合集成研讨厅体系

以计算机、网络、通信为核心的现代信息技术的发展,是一场技术革命,引起了经济的社会形态飞跃发展,导致一场新的产业革命,钱学森称之为第五次产业革命。这场产业革命所涌现出来的各种高新技术,为综合集成方法的应用展现了广阔的前景。结合系统学理论和人工智能技术的发展,钱学森又提出综合集成研讨厅体系的构想,这是综合集成方法运用的实践形式和组织形式。

1992 年 3 月 2 日,钱学森在给王寿云的信中进一步提出"从定性到定量的综合集成研讨厅"(Hall for Work shop of Metasynthetic Engineering,简称 HWSME)体系。这是继 1989 年钱学森首先提出的从定性到定量综合集成理论的深化,实现途径和应用形式。

钱学森的构想是把今天世界上千百万人的聪明才智和古人的智慧都综合起来。研讨厅体系体现了他的构思在长期的科学研究实践过程中受益于"讨论班"(Workshop)的心得与经验,以及对当代计算机软硬件环境的重要意义的了解。同时,研讨厅体系还体现了把自然科学、社会科学与哲学三者相互结合所形成的观点。当然,需要指出的是,研讨厅体系中的人并不是未加训练的普通老百姓,而应该是根据我国发展尖端技术的经验,如同曾经培养出来的那种具有高度组织纪律性的人;研讨厅体系中的"厅"并不一定是一个大厅,而是由高速信息网络、现代化的通信设备及计算机的软硬件构成的,使人们共同讨论与解决问题时有身临其境之感的"虚拟真实"(virtual reality)技术环境。这种"厅",可以开发人的创造力。这一方法的精髓是把人的"心智"(human mind)和机器的"智能"两者结合起来。这对系统与智能系统的研究来说是一个带有根本性的转折。从此进入了"人机结合的大成智慧"的新时代。

这个研讨厅体系可以看作由三部分组成:以计算机为核心的现代高新技术的集成与融合所构成的机器体系、专家体系和知识体系,其中专家体系和机器体系是知识体系的载体。这三个体系构成高度智能化的人机结合体系,不仅具有知识与信息采集、存储、传递、调用、分析与综合的功能,更重要的是具有产生新知识和智慧的功能,既可用来研究理论问题,又可用来解决实践问题(见图 12-2)。

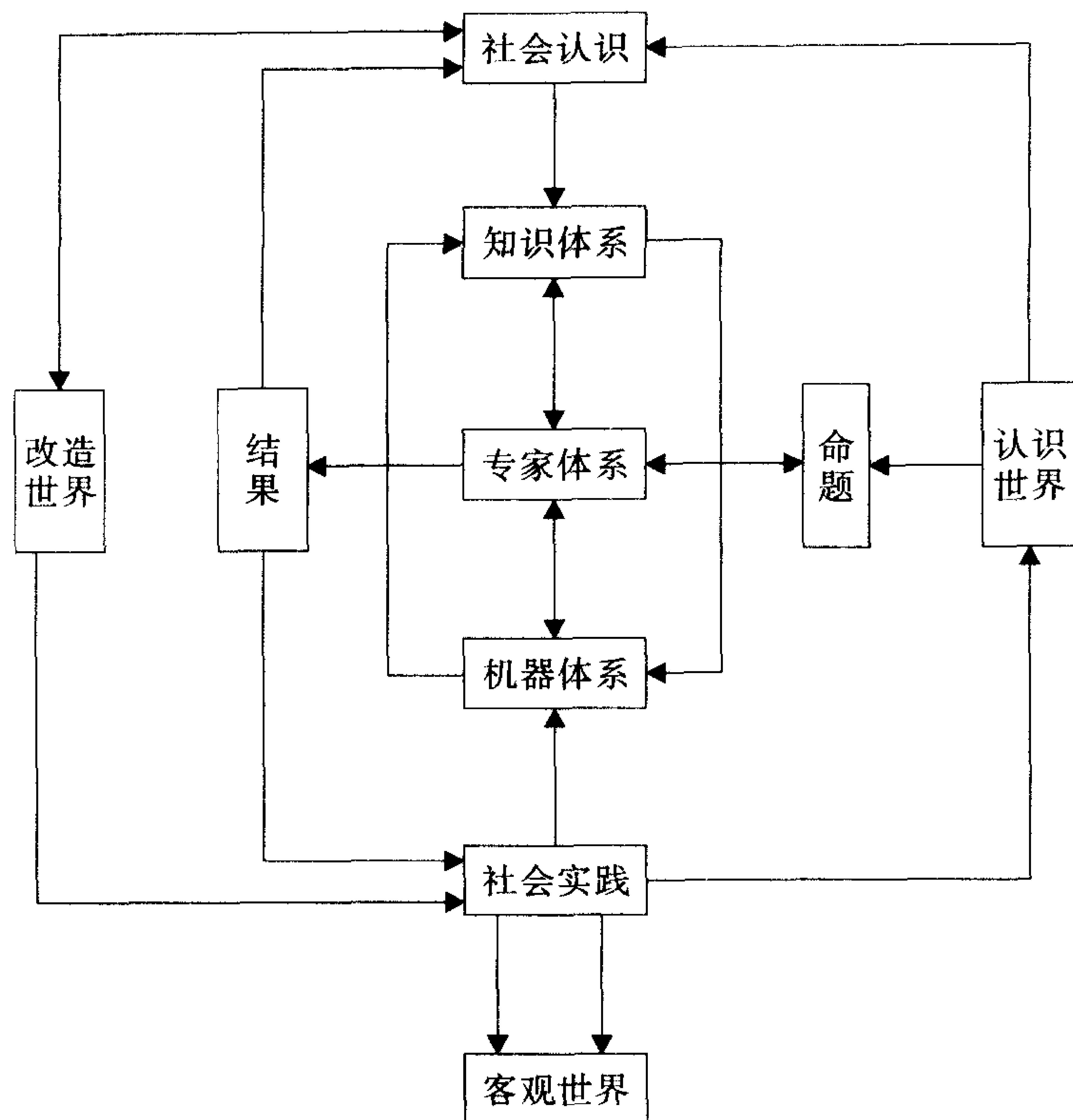


图 12-2　研讨厅体系结构示意图

研讨厅是按照分布式交互网络和层次结构组织起来的，成为一种具有纵深层次、横向分布、交互作用的矩阵式研讨厅体系，为解决开放的复杂巨系统问题提供了规范化、结构化的形式。

这里要指出的是灵境技术的应用具有重要意义。上面所述的人机结合，还是人机优势互补的结合，人与机尚未合一，而由灵境技术开始的这种结合则是融合，是更高层次的人机结合。

自从计算机问世以来，所形成的局面开始是人伺候机器，对机器不熟悉的人使用机器颇为困难。于是人们就致力于解决人机接口的问题，提供对用户使用方便的接口，逐渐向计算机伺候人的途径发展。这里所说的人－机的结合意义要深刻得多，也就是面对着如何处理开放的复杂巨系统这类问题的挑战，所采取的对策是把人的心智与机器的"高性能"两者结合起来。从信息获取、信息存储和信息处理的观点来看，计算机是极好的工具。它的海量存储、快速处理是前所未有的。从起初处理数据信息，到进一步处理模式信息(pattern information)更进一步处理知识信息(knowledge information)表现出极为有效的能力，但它的灵活性远不如人，非常重要的事实是人的"心智"的巨大作用。钱学森倡导的方法是人－机结合，以人为主，"机"协助人。美国圣塔菲研究所的科学家们所走的是人－机结合，以机器为主的路线。

在应用综合集成法时，也需要对系统进行分解，在分解研究的基础上再综合集成到

整体,实现"1+1>2"的飞跃,达到从整体上研究和解决问题的目的。这就是说,综合集成方法其实是吸收了还原论方法和整体论方法各自的长处,同时也弥补了各自的局限性。它是还原论方法和整体论方法的辩证统一,即系统论方法。从这个角度看,综合集成方法既超越了还原论方法,又发展了整体论方法,是系统学的一种新的方法论。其理论基础是思维科学;方法基础是系统科学与数学;技术基础是以计算机为主的现代信息技术;哲学基础是马克思主义实践论与认识论;实践基础是系统工程的实际应用。

钱学森认为,美国圣塔菲研究所的科学家们在复杂性研究方法上确有许多创新之处,如他们提出的遗传算法,开发的Swarm平台,以Agent为基础的系统建模,用数字技术描述的人工生命等。在方法论上,虽然他们意识到还原论方法处理不了复杂性问题,但并没有开辟出新的途径,因而感到困惑。方法论是关于研究问题所遵循的途径和路线,在方法论指导下是具体的方法问题。如果方法论不对头,再好的具体方法也只能解决枝节问题,而解决不了复杂性的根本问题。钱学森提出的"从定性到定量的综合集成法"和"从定性到定量的综合集成研讨厅"恰恰是从方法论上给出了研究和解决复杂巨系统和复杂性问题的有效途径,这是方法论上的创新。有了这套方法论,再结合到具体的复杂巨系统,就可以开发出一套方法体系。不同的复杂巨系统,方法体系可能是不同的,但方法论却是相同的。

四、关于"开放的复杂巨系统"和"综合集成法"的意义和应用价值

开放的复杂巨系统具有科学与经验的本质,综合集成方法和研讨厅体系实际上是遵循科学与经验相结合、智慧与知识相结合的途径,去研究和解决开放的复杂巨系统问题。从这个角度来看,综合集成研讨厅体系本身就是个开放的、动态的体系,也是个不断发展和进化的体系。钱学森指出:"关于开放的复杂巨系统,由于其开放性和复杂性,我们不能用还原论的办法来处理它,不能像经典统计物理以及由此派生的处理开放的简单巨系统的方法那样来处理,我们必须用依靠宏观观察,只求解决一定时期的发展变化的方法。所以任何一次解答都不可能是一劳永逸的,它只能管一定时期。过一段时间,宏观情况变了,巨系统成员本身也会有其变化,具体的计算参数及其相互关系都会有变化。因此对开放的复杂巨系统,只能作比较短期的预测计算,过了一定时期,要根据新的宏观观察,对方法作新的调整。"(《在香山科学会议第68次学术讨论会上的书面发言》1998年)

钱学森、于景元、戴汝为在《自然杂志》1990年第1期发表了《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》。当年10月,钱学森在一次学术会上发表了《再谈开放的复杂巨系统》。这个思想对综合集成方法的应用,对综合集成研讨厅体系的建设和应用,都有重要指导意义。我们人类的生存环境就是一个"开放的复杂巨系统"。这里必须强调一下"开放的"。"生物圈二号"实验室就是因为是完全封闭的,所以散热问题解决不了,只好装上空调机和冷却管道。还要强调一下"复杂的"。现代人类巨大的活动规模及其对自然界影响的复杂性,以及统筹解决和预防这些复杂影响造成的问题,已经是传统的数学方法、统计方法、数学模型和系统工程技术无法计算和解决的了。"开放的复杂

巨系统"和"综合集成法"的发展及其随着简练、通俗、可操作性的提高而扩大应用范围，将可能给数学带来一场革命。例如，大协调学及其应用模型的研究，已经感到传统的数学方法和系统工程方法不够用了。

2004年6月，胡锦涛总书记在两院院士大会说："落实科学发展观，是一项系统工程，不仅涉及经济社会发展的方方面面，而且涉及经济活动、社会活动和自然界的复杂关系，涉及人与经济社会环境、自然环境的相互作用。这就需要我们采用系统科学的方法来分析、解决问题，从多因素、多层次、多方面入手研究经济社会发展和社会形态、自然形态的大系统……要把自然科学、人文科学、社会科学等方方面面的知识、方法、手段协调和集成起来，不断认识和把握社会发展的客观规律，对科学发展观进行周密的科学解释，为科学发展提供坚实的科学理论和基础。"创建系统科学这一章对理解胡锦涛总书记所说"系统工程"、"系统科学"、"集成起来"的理论体系和实践价值有一定的参考价值。

五、支持宏观经济决策的人－机结合集成体系

在钱学森的直接关心和指导下，1993年12月，人－机－环境系统工程专业委员会在北京召开了成立大会及首届学术年会，并编辑出版了《人－机－环境系统工程研究进展》（第1卷）。从此，这方面的研究在中国发展神速，就是在钱学森综合集成方法论的指导下，结合经济系统所进行的方法体系研究。1995年8月和1997年9月，分别举行了第二、第三届年会，并出版了《人－机－环境系统工程研究进展》（第2卷、第3卷）。经过两年多的筹划，1999年5月，国家自然科学基金委员会批准了这一重大科研项目，支持宏观决策的人－机结合集成体系的研究，并在经费上予以了大的资助。该项目由著名控制论专家戴汝为院士领头，集中国科学院自动化研究所、系统所等院所的一批专家，分机器、知识和专家三个子体系进行研究，目的是使21世纪中国宏观经济管理更加科学，也是为构建中国管理科学体系做好硬件准备。

应该指出，方法论的创新，将孕育着伟大的科学革命。F·培根创立的还原论方法，推动了19世纪到20世纪的科学大发展。钱学森深谙西方科学哲学的精髓，又吸取中华民族古代哲学的营养，因而能够把还原论与整体论结合起来，并运用辩证唯物主义，创立了综合集成方法论。这一方法论的建立，必将推动21世纪系统科学的大发展。

第十三章 大成智慧学与大成智慧工程

钱学森的"大成智慧学""大成智慧工程"学术思想,是在1992年11月13日与王寿云、于景元、戴汝为等六位同志的谈话中提出的,并于1994年5月在北京召开的"钱学森现代科学技术体系研讨会"期间公开发表。关于钱学森提出"大成智慧学"和"大成智慧工程"的思想及其内容,还有待广大学者和专家深入研究。

一、感悟钱学森提出的"大成智慧"

钱学森在1992年8月27日给王寿云信的附件二"'大成'释"中,专门摘录《辞海》释"大成":(1)大的成就。①指事功。《诗小雅车攻》:"允矣君子,展也大成。"②指学问。《札记·学记》:"九年知类通达,强立而不反,谓之大成。"③指道德。《孟子·万章下》:"孔子之谓集大成:集大成也者,金声而玉振之也。"赵岐注:"孔子集先圣之大道,以成己之圣德者也。"(2)《老子》:"大成若缺,其用不弊。"

"大成智慧"(metasynthetic wisdom)的核心是科学技术与哲学的结合。1997年4月6日,钱学森在给钱学敏的信中说:"我想我们宣传的'大成智慧'与他们不同之处就在于微观与宏观相结合,整体(形象)思维细部组装向整体(逻辑)思维合用;既不只谈哲学,也不只谈科学,而是把哲学和科学技术统一结合起来。哲学要指导科学,哲学也来自科学技术的提炼。这似乎是我们观点的要害:必集大成,才能德智慧!"

1994年2月7日,钱学森曾结合个人经历写信为钱学敏教授撰写"大成智慧学"一文提供素材,共有如下六点:

第一,讲讲我个人学习过程。在20年代,我在北京师范大学附属中学上学,高中在理科,称二部(一部为文科)。当时学的是理、工结合的。一般数理化课之外,还有伦理学,也学过非欧几里得几何学。也学过工业化学。

30年代初入上海交通大学机械工程(铁道门),基本上是工程科。但教电机工程的钟兆琳教授和教热力学的陈石英教授都非常重视理论根底。30年代中期到美国MIT及CIT学习,MIT重在工;而CIT则强调理、工结合。我在CIT选修了不少理科课程,如微分几何、复变函数论、量子力学、广义相对论、统计力学等。博士论文也是用数理理论解决工程技术问题。后来十几年在MIT及CIT教学作研究,从薄壳理论、气动力学、火箭技术、工程控制论、物理力学等,也都是理、工结合,用"理"去解决"工"中的出现的问题。

50年代中叶回归祖国,也是搞理、工结合的国防尖端技术,共20多年。

"文化大革命"使我觉悟。感到只是理与工是不够的,不懂社会科学不行,所以开始下工夫学社会科学,也涉及哲学。当然这时早已懂得只有马克思列宁主义毛泽东思想才是真理。

终于在80年代中叶,认识到:要建立以马克思主义哲学为最高概括的科学技术体系。

第二,讲讲我个人在研究问题中的创新过程。在30年代中期到40年代初,当我碰到疑难问题时,苦思不得其解,总是形象(直感)思维,甚至是灵感(顿悟)思维解决问题。这就说我头脑中框框太多,不能从理论上触类旁通,得靠形象,甚至靠梦境。这种困境,后来逐渐缓解,不用做梦了,推敲一阵子就能看出问题所在。

但真正做到触类旁通是在懂得了科学技术以及知识体系之后。

第三,因此马克思主义哲学居于科学技术以及知识体系之首,才是触类旁通的钥匙。创造力来源于马克思主义哲学,而用这个观点看科学技术以及知识体系,就是大成智慧学。

毛泽东同志在50年代后期就指出质子、中子、电子等所谓基本粒子也是可分的,没有到头。邓小平同志在80年代提出科学技术是第一生产力。皆大成智慧学也。

第四,认识过程是无穷的,知识也是无穷的。过程、历史、发展、前进,永无止境。我们现在知道的只是一小块,我们不知道的才是大海!

第五,既然马克思主义哲学是智慧的源泉;在一切阶级社会中,由于阶级斗争的影响,教育也有阶级性,所以不可能用大成智慧学来办教育。这是阶级社会的局限性!同时,这又是我们社会主义中国的优越性,我们可以自豪!

看:进士、状元的臭文章!

我在20年代之所以受到第一流教育是因为老师们都不同程度地恨国民党!

第六,我用了70年的学习才悟到以上道理,太长了。能不能用不到20年就学到?可以的。用人-机结合,用信息技术,用信息网络。第五次产业革命呵!

21 世纪是一个需要"大成智慧"并产生"大成智慧"的时代。人类的未来,国家的昌盛比以往任何时候都更加依赖于人们对科学技术知识的掌握、运用与创新,依赖于有智慧的人。钱学森提出"大成智慧学"是历史的必然和时代的使命。

二、"大成智慧学"——关于提高人类智慧的科学构想

人类,尤其是在现代社会中,面临着的四大基本问题是:物质的本质、宇宙的起源、生命的本质和智能的涌现。长期以来全世界的科学家们一直在锲而不舍地从不同角度用不同途径来研究这些问题。对于这里所说的智能涌现,尽管学者们至今没有给出一个确切的、中外均能接受的定义,但从古至今,人们对"智慧"和与之有紧密联系的"思维"以及与之有关的问题都进行过研究或正在进行着研究。

如何尽快提高人们的智能,以适应新世纪发展的需要? 这是钱学森几十年来,尤其是近 20 年来,着力探索与思考的时代课题。他认为这是件大事,很重要。其意义不亚于当年"两弹一星"的研制、发射。他所倡导的"大成智慧学"简要而通俗地说,就是引导人们如何尽快获得聪明才智与创新能力的学问。其目的在于使人们面对浩瀚的宇宙和奇妙的微观世界,面对新世纪各种飞速发展、变幻莫测而又错综复杂的事物时,能迅速作出科学而明智的判断与决策,并能不断有所发现、有所创新。

在 1992 年 11 月 13 日的谈话中钱学森还指出,"大成智慧工程"进一步发展,在理论上提炼成一门学问,就是"大成智慧学",它实际上是马克思主义哲学的发展与深化,或者说,是马克思主义哲学发展到一个新的阶段,我们为它取一个朴素名字,叫"大成智慧学"(science of wisdom in cyberspace)。

钱学森"大成智慧学"与以往关于智慧或思维学说之不同,在于"大成智慧学"是以马克思主义的辩证唯物论为指导,利用现代信息网络、人-机结合以人为主的方式,集古今中外有关经验、知识、智慧之大成(Theory of Metasynthetic Wisdom Utilizing Information Network Structured with Marxist Theory)。

钱学森有时也把"大成智慧学"英译为"science of wisdom in cyberspace"把"大成智慧"英译为"wisdom in cyberspace",借以强调"大成智慧"的特点是沉浸在广阔的信息空间里所形成的网络智慧。"大成智慧"是知识爆炸、信息如潮的时代所需要的新兴的思维方式和思维体系。

1986 年,我国"863 计划"的信息领域中设立了"智能计算机"主题项目。在此之前,钱学森提出创建"思维科学"的主张。他认为,人工智能和智能计算机的基础是思维科学。当前思维科学的突破口在形象思维研究的突破;思维科学的任务是"从思维的角度找出思维能力发展的途径"。1989 年,钱学森提出"从定性到定量综合集成法",并把这项技术与毛泽东的《实践论》结合起来,阐明了这项技术是在现代科学技术条件下对《实践论》的具体化。接着,钱学森又汇总了几十年世界学术讨论的 Seminar、C^3I 及作战模拟、人工智能、虚拟现实技术和人-机结合的智能系统、系统学等方面的成功经验,进一步提出我们的目标应该是建成一个"从定性到定量综合集成研讨厅体系"。其构思是把人集成于系统之中,采取人-机结合、以人为主的技术实践,这样就能充分发挥人的作

用，使“研讨厅”的集体在讨论问题时成员间能互相启发、互相激励，使集体的创见远远胜过个人的智慧。通过研讨厅体系，还可以把今天世界上千百万人的聪明智慧和古人的智慧统统综合集成起来，以得出完备的思想和结论，为科学知识和实践经验相结合的“从定性到定量综合集成方法论”赋予科学的现代表达形式。

“大成智慧学”的内容涉及广泛，探索得也很深，但并不是神奇莫测、高不可及。要想成为“大成智慧者”，重要的不仅要利用人－机结合的思维体系，下苦功夫掌握广博的知识、经验、信息，还要从实际出发，实事求是，善于思考，反复实践，努力树立起反映新世纪的世界观、人生观、科学观和方法论。

三、钱学森“大成智慧学”学术思想形成的历程

钱学森通过个人学习研究的经历，从总结 20 世纪科学技术的发展，特别是 40 年代以来信息技术发展给人类带来前所未有的巨大影响；从科学是一个整体的观点出发，用系统科学的方法构建了现代科学技术体系；从研究系统科学、思维科学和人体科学等新兴科学本身及与其他科学领域的交叉发展与整合；从培养 21 世纪新型人才考虑，从而形成了“大成智慧学”的学术思想，找到了提高人类智慧的科学途径。在钱学森“大成智慧学”思想形成过程中有以下几个方面的学术影响是重要的。

1. 熊十力“性智”与“量智”说的启示

钱学森晚年多次谈到我国近代哲学家熊十力提出的“性智”与“量智”思想，他的“大成智慧学”思想的形成也深受熊十力“性智”与“量智”说的启示。熊十力是我国近代唯心主义哲学家，他曾提出过人的智慧有两个方面：文化、艺术方面的智慧叫“性智”；科学方面的智慧叫“量智”。由此钱学森想到，我们可以学马克思当年把黑格尔的客观唯心主义倒过来，并创建了辩证唯物主义的方法，把人们从实践总结出来的智慧，在文学艺术方面的称为“性智”，在科学技术方面的称为“量智”，而且把“性智”和“量智”真正统一和结合起来，这将在世界观、方法论以及思维上丰富马克思主义哲学。“大成智慧学”也将使哲学教育大大普及，其意义和影响将是十分深远的。

2. 钱学森提出“大成智慧学”的学术时代背景

“大成智慧学”是时代的需要。随着科学技术的发展与革命，必将引起经济的社会形态，主要是社会生产体系的变革与飞跃，以至推动社会制度的转变和社会形态的变迁，这就是产业革命。按照这样的社会发展观来看，在人类历史上，从火与铁的发现与使用开始，我们已经走过了畜牧业、农业、手工业以至机器制造、电力应用等的第一、二、三、四次产业革命时期，经历了原始社会、奴隶社会、封建社会、资本主义社会等多种社会形态的兴衰变迁。目前，我们正面临着第五次产业革命。在第五次产业革命的推动下，世界正在向多极化发展，并且逐渐形成一个互相联系、难以分割的大社会。这个大社会是一个包括各种不同国家政体、不同经济发展状况、不同意识形态为主导、不同种族、不同文化，而且打破地区界限、各国相互关联的大社会。这样的大社会，钱学森称之为“世界社会形态”。这将是继资本主义社会形态发展之后，人类向（社会主义社会）共产主义社会过渡并开创世界大同的社会形态。

在这“世界社会形态”形成时期，哪个国家要想发展，都不能闭关自守。各国之间既相互依存又有矛盾和斗争。钱学森认为，目前这场以“和平、友好、互利”形式出现的经济实力的竞争和以经济实力为基础的各国综合国力的较量，归根到底是一场“科技战”、“智力战”、“人才战”。1986 年，钱学森在中央党校作报告时指出：“如果下一个世纪科学技术在一个国家中不居领先位置，它的整个经济活动、国际地位就很难保住。”高科技是各国争夺的制高点。如何抢占这个制高点？当然是要有一大批高智慧的人才，尤其是帅才、将才。钱学森在《评“第四次工业革命”》一文中指出：“对人民提出这样高而广泛的智力和知识的要求，是人类历史上前所未有的，可以说是人类社会发展的一次重大变革。”这是时代对“大成智慧”的呼唤。

信息技术革命为“大成智慧学”创造了条件。20 世纪中叶以来，迅速发展起来的微电子信息技术与设备的普及，使得人们在信息的获取、传输、存储、检索、处理以至利用信息技术进行组织、协调、控制、决策等方面都发生了空前的变化。通过互联网，人们就与整个世界联在了一起，正在建设的“数字化地球”，利用全球和卫星上各种信息资源将更为便捷。这将极大地拓展人们的思维空间。信息技术革命也使得人们对客观世界认识的深度前所未有，高速计算机和虚拟现实技术等为研究复杂科学问题提供了崭新的研究手段。特别是大型高速计算机对于巨大而复杂的工程设计、控制试验进程、数据计算与处理等方面的大量工作，其运作速度与精确度是人脑难以企及的，它能把人们从记忆、计算等繁重的脑力劳动中解放出来，从而实现如钱学森所说的，“把智慧集中到整理全人类的知识。全面考察，融会贯通，从而能够创作更多更高的脑力劳动的成果，也就是人变得更聪明了，人类前进的步伐将会更快了”。钱学森 1996 年 5 月 12 日给黄顺基教授的信中说：“信息革命的一个与前几次产业革命不同之处似在于直接提高人的智能。”信息技术的飞速发展和充分利用必将造就出具有“大成智慧”的新人类。

四、钱学森“大成智慧学”的理论基础与方法论

1. 现代科学技术体系是“大成智慧学”的理论基础和知识源泉

钱学森说：“必集大成，才能得智慧！”我们“集”的对象，主要就是现代科学技术及知识体系与外围的前科学知识。几千年来人类灿烂的文化艺术和日新月异的现代科学技术知识，是大成智慧学的理论基础和知识源泉。认清现代科学技术发展的特点及其知识体系结构，树立现代科学技术及知识体系观是有效地“集大成，得智慧”的关键。20 世纪是人类历史上科学技术空前发展和灿烂辉煌的时期，一大批交叉学科、边缘学科蓬勃兴起，现代科学技术的学科愈分愈细，门类繁多，加之信息技术革命的发展，人们对世界认识的范围日益广阔，层次更为深入。与此同时，各学科相互渗透、相互耦合的整体化趋势也日益增强。

钱学森的科学分类法，突破了 18 世纪林耐按动物、植物、矿物等的构造或外部特征的人为分类法；扩展了 19 世纪恩格斯按照物质运动形式区分自然科学各门类的方法；深化了毛泽东关于矛盾特殊性是科学研究领域划分根据的思想。

钱学森的科学分类法，从各学科的横向结构上拆除了使以往各门科学技术之间隔行

如隔山的那种仿佛永远不可逾越的鸿沟，显示出科学技术的整体性和相互贯通、相互促进、统一而又不可分割的动态网络关系。为建立“大成智慧学”奠定了理论基础，为广开知识之源，进行大跨度的创新思维开辟了通道。钱学森在1994年2月13日给钱学敏的一封信中说：“跨度越大，创新程度也越大。而这里的障碍是人们习惯中的部门分割、分隔、打不通。”钱学森自己一直注意在极其广泛的领域中钻研并取得了卓越的成就，他倡导的大成智慧便要教我们“总揽全局，洞察关系，突破障碍，做到大跨度地触类旁通，完成创新”。

2.“大成智慧学”运用开放的复杂巨系统的方法论

现代科学技术发展的各项成果及其知识体系是“大成智慧学”的理论基础和知识源泉。要想真正有效地获得解决复杂问题的智慧与决策以至创新，还需要进一步掌握新的科学的方法论和具体的操作方法，特别是开放的复杂巨系统的方法，以及“大成智慧学”的实践和应用形式——“大成智慧工程”。

关于开放的复杂巨系统及其方法论我们在前一章已经作了专门阐述。虽然目前开放的复杂巨系统的理论与方法还需进一步丰富与完善，但已经可以使各门具体学科有一个共同的科学概念和切实可行的方法。这一事实，正在推动自然科学、社会科学、数学科学、建筑科学等科学部门的许多学科之间的广泛沟通和融合，这也便于人们从复杂性的角度获得资源共享，集纳现代科学技术体系中广博的知识，涌现出大成智慧。

五、“大成智慧工程”——“大成智慧学”的实践和应用形式

钱学森在1992年11月13日的谈话中第一次谈到“大成智慧工程”时说：“我们现在搞的从定性到定量综合集成技术，名称太长，也不好译成英文，按照中国文化的习惯，我给它取了个名字，叫大成智慧工程。中国有‘集大成’之说，就是说，把一个非常复杂的事物的各个方面综合起来，集其大成嘛！而且，我们是要把人类的思维，思维成果，人的知识、智慧以及各种情报、资料、信息系统集成起来，我们可以叫大成智慧工程。英文翻译为metasynthetic engineering，缩写是MsE。这个方法，实际上是系统工程的发展，目的是为了解决开发的复杂巨系统的问题。用英语表达就是：metasynthetic engineering is a development of systems engineering，for solving probems of open complex giant systems，而‘从定性到定量的综合集成研讨厅体系’，翻译成英文，可以是‘Hall for Work shop of Metasynthetic Engineering’，缩写是HWSMsE。”

钱学森接着谈道：“我讲这个问题的目的是要说明，我们今天搞的综合集成研讨厅体系，是要把今天世界上千百万人思想上的聪明智慧，和已经不在世的古人的智慧都综合起来，所以叫大成智慧工程（metasynthetic engineering）。这是按照毛泽东的认识论，结合现代的系统工程和大家的实践经验发展起来的，这可是方法论上的飞跃，大发展。这个方法将使人比过去聪明得多。实际上，我们是把马克思主义的认识论与现代系统工程的方法结合起来了，这是件了不起的事。”（《创建系统学》，67～68页）

1992年8月27日，钱学森在给王寿云的信中写道：

前日上送朱主任一个美国人要抓Systems Integrationde的材料，即全国乃至

世界信息一元化，这是第五次产业革命的大事。这几天又从戴汝为同志那里得到美籍华人华云生的论文数篇，是讲几项AI技术的；从王元同志那里得到讲计算机辅助教数学(数学 computer assisted instruction，CAI)的论文集。由此深感我们的从定性到定量的综合集成法和定性到定量综合集成研讨厅体系所表述的概念还要深化。您的论文《国防系统分析方法的新近发展》也指向这一点。

什么呢？是否是：把人类几千年来的智慧成就集其大成，把计算机科学技术，人工智能技术，作战模拟技术，思维科学，学术交流经验，加上马克思主义哲学，合成为"大成智慧工程，metasynthetic engineering"。用这样一个词是吸取了中国传统文化的精华的，有中国味。

根据钱学森的科学技术思想，"大成智慧学"是由"大成智慧工程"进一步概括提炼而成。"大成智慧学"就是指导"大成智慧工程"的基础科学层次或技术科学的理论。"大成智慧工程"实质上就是"大成智慧学"的工程技术层次，是直接改造客观世界知识，也是"大成智慧学"的实践和应用形式。

"大成智慧工程"的具体操作方法和工具就是"从定性到定量综合集成研讨厅体系"和总体设计部等。钱学森在1992年3月提出的"从定性到定量综合集成研讨厅体系"不是对某项工程进行简单的评估与核算，而是：①几十年世界学术讨论的 Seminar 的成果经验。②从定性到定量综合集成法。③C^3I 及作战模拟。④情报信息技术。⑤人工智能。⑥虚拟现实技术。⑦人－机结合的智能系统。⑧系统学和信息技术等方面的成功经验汇总起来的升华。

总体设计部是运用从定性到定量综合集成法的集体，是当今国家进行长远规划、解决各种特殊复杂的社会巨系统问题的决策咨询和参谋机构。从中央到地方、从军事到法律、从科学技术到文学艺术等不同层次、不同部门、不同系统，都可以设立总体设计部。在全国各系统形成上下左右相互联系的总体设计部网络体系，互相配合协同工作。实践证明，总体设计部可以使得各部门、各系统、各层次的领导集体，在管理国家、社会、大型企业、大型工程以及各行各业进行宏观调控时，能够更有效地发挥集体智慧，获得大成智慧，找到科学正确的解决问题的对策，使整个社会和谐高效的持续发展。

六、新"文化革命"的到来，大成智慧教育的兴起

钱学森预言，随着第五、六、七次产业革命的到来，也将引起社会意识形态的革命，形成一次真正意义上的文化革命，推动社会主义精神文明建设向更高境界发展，创造出更多更高的精神财富，满足人民的精神需要。

到那时，科技队伍的增加，科学技术的进步，文艺队伍的加强和文学艺术的繁荣都是史无前例的，现代科学技术体系必将大大丰富和发展，使我们对世界的认识越来越全面，越来越深刻，改造世界的能力也越来越强；科学、教育、文化、艺术日益紧密结合起来，互相促进、互相渗透，向更高层次和水平发展。科学技术的发展为文学艺术提供了新手段，产生出新的文艺形式。同时，我国5 000年辉煌的文学艺术传统也将结合最新科技成果，发扬光大！社会主义中国要把全世界人类的智慧和精华统统综合集成起来。

在这次“文化革命”中，另一个革命性的变化是大成智慧教育的兴起。信息文化教育网络的建立，小孩子一入学就学会使用智能化终端机。采用人-机结合的教育和学习方式，不仅能大大缩短学习时间，而且理、工、文相结合的教育体制也将形成。这就有可能进行全才教育，使人越来越聪明，情操越来越高尚，达到全才与专家的辩证统一。另一方面，大成智慧学的产生，将大大丰富我们的思想。我们可以学马克思当年把黑格尔的客观唯心主义倒过来，并创建了辩证唯物主义的方法，把人们从实践总结出来的智慧，在文学艺术方面的称为性智，在科学技术方面的称为量智，而且把性智和量智真正统一和结合起来，这将在世界观、方法论以及思维上丰富马克思主义哲学。大成智慧学也将使哲学教育大大普及，其意义和影响将是十分深远的。

第十四章 钱学森总体设计部思想

从20世纪70年代中后期以来,钱学森不遗余力地建议和推广总体设计部(department of integerative system design)概念和思想,首先是从我国研制"两弹一星"的总体设计部演化过来的。总体设计部思想对"两弹一星"的研制成功发挥了非常重要的作用。它的实践也证明了这种现代化的系统管理和决策支持体制、机制与方法的科学性、可行性和有效性。它不仅适应于工程系统,同时也适应于复杂巨系统,特别是社会系统。当然,在用于社会系统时,总体设计部的理论方法和技术以及体制和机制都有了很大的实质性发展,不是简单的重复和推广,但它们的功能是相似的。正是从这个角度出发,钱学森先后于1979年提出建立国民经济总体设计部建议;1990年,从党和政府宏观决策科学化的角度,又提出了社会主义建设总体设计部体系的建议。建立社会主义建设总体设计部及其体系的思想,是关系到决策科学化、民主化、程序化和管理现代化的大问题,是对系统的决策支持体制与机制的一种创新和改革,具有很强的实践性和现实性,同时又有深刻的理论背景以及现代研究方法的科学性,因而受到中央领导的高度评价和充分肯定。

中央十分重视钱学森关于社会主义建设总体设计部的建议,要求对总体设计部的应用功能、组织形式、工作方式进一步明确,并对组织实施条件方面进行可行性研究,提出一个总体设计部的设计方案。

一、钱学森总体设计部思想的萌发、形成和演化历程

20世纪40年代中期,钱学森在美国时就提出建立"喷气武器部"

的设想。这个设想,直到他回国后,在开创我国航天事业的过程中才得以顺利实现。当初,在中央领导下,成立了"航空工业委员会",后来组建了"国防科委",形成了党中央决策层直接领导下的我国航天科技决策管理机构。在国防科委领导下,建立了我国导弹与航天科技决策实施机构——国防部五院,形成了既有权威、又职责分工明确的三级决策(政治、宏观计划与技术、实施决策)管理机制。钱学森以其在我国导弹与航天科技领域首席科学家的独特地位,在我国导弹与航天科技开创与大发展时期,在我国导弹与航天科技三级决策管理机制中发挥了重要的技术咨询与技术决策的作用。

20 世纪 50 年代后期到 60 年代,按照钱学森思想,借鉴当时苏联航空技术总体设计部的经验,在我国导弹、火箭与航天技术研究院陆续建立起总体设计部,形成了我国航天系统工程的组织管理体系,把钱学森对我国导弹、火箭发展的宏观战略谋划付诸组织实施。钱学森在总结我国导弹与航天工程研制实践中形成的、起着总设计师技术工作总参谋作用的总体设计部的工作经验时指出:"这样复杂的总体协调任务不可能靠几个人来完成,因为他们不可能精通整个系统所涉及的全部专业知识,他们也不可能有足够的时间来完成数量惊人的技术协调工作。这就要求以一种组织、一个集体来代替先前的单个指挥者,对这种大规模社会化劳动进行协调指挥。""他们不是几十个人,而是成千上万学科配套、专业齐全、具有丰富研制经验的高科技队伍。"对这一成功经验,周恩来总理生前曾经期望把它推广到国民经济建设中去。从 20 世纪 70 年代后期到 80 年代,钱学森首先把它推广到军队装备建设工作中,在中国人民解放军总部、海军、陆军、空军和第二炮兵的建制中陆续地建立起名为"系统所"、"综合所"、"运筹所"、"论证中心"和"总体论证所"等新型研究机构,在我军武器装备与部队建设过程中正在发挥着重要作用。

20 世纪 70 年代后期,钱学森虽然已经离开航天部门,调到国防科工委工作,但他十分关心推广在航天工程系统实践成功的经验,除了组织国防科研工业系统进行交流外,还要求航天系统的科技人员走出去,多参加一些国民经济重大工程建设项目的讨论与交流。他自己更是身体力行,亲自指导、参与 710 所的研究工作,取得了良好效果。1979 年,钱学森提出建立国民经济总体设计部建议。

1983 年 11 月 16 日,钱学森应邀在国家经济体制改革委员会所作的报告时最后讲到:"为了把系统工程用于国民经济的管理,我国需要建立国民经济和社会发展的总体设计部。现在各方面提出的发展战略很多,有这个战略、那个战略,各说各的,但没有一个综合性的总体发展战略,因此,需要成立总体设计部,作为一个国务院的实体,而不是专家座谈会。这个实体要吸收多方面的专家参加,把自然科学家、工程师和社会科学家结合起来,收集资料,调查研究,进行测算,反复论证,使各种单项的发展战略协调起来,提出总体设计方案,供领导决策。有人认为,社会科学的研究成果,就是写出文章。这是不对的。作为国民经济和社会发展的总体设计,应当像工程设计那样,要有设计蓝图,并由总设计师在上面签字,以示负责,就像我们航天工程那样,如果根据设计制造、发射的卫星,出了故障,不但批准这项工程的领导人要负责,总设计师也要负责。总之,国民经济和社会发展的总体设计部是党中央、国务院决策的参谋机构,在实施我国计划体制改革中,千万不要少了这一着棋。"(《论系统工程》,370 页)

1987 年，钱学森在中国人民大学“吴玉章学术讲座”上，全面系统地阐述他提出的建立国民经济总体设计部思想。

1990 年，从党和政府宏观决策科学化的角度，又提出了社会主义建设总体设计部体系的建议。

二、从国民经济总体设计部的成功实践，到社会主义建设总体设计部思想的形成

在我国，最早应用系统工程并取得显著成就的是航天系统。每一类型号都有一个总体部，实践证明它是非常有效的。钱学森曾说：“总体设计部的实践，体现了一种科学方法，这种科学方法就是系统工程。”“两弹一星”的任务就是我国在总体设计部有效地运用系统工程原理下完成的。早在 1980 年，钱学森就提出了建立国民经济总体设计部的建议。他在《用科学方法绘制国民经济现代化蓝图》（《计划经济研究》，1980 年第 11 期）一文中明确提出：“在经济建设中运用社会工程，必须有运用它的机构，必须成立国民经济总体设计部。国家计委可以把经济研究所扩大成为这样的部门，这是比较适当的。”同时他还指出：“自然科学工作者和工程技术工作者进入社会科学领域，和社会科学工作者一道共同解决国民经济中的一些重大问题，是当代经济工作发展的新趋势。”“重大，因为它不是一件容易办的事；重大，更因为它能大大提高我国社会主义建设的经济效果，在长期计划中，搞好搞坏，差额不是十几亿、几十亿，而是几百亿、几千亿元。”

钱学森认为，中国社会主义建设，包括物质文明建设、精神文明建设和政治文明建设，以及作为其环境基础的地理建设，是社会主义建设的组成部分，是系统工程。在社会主义文明建设的整体性原则下，可以分别组织分系统的总体设计部。他建议着重组织社会主义物质文明建设即国民经济总体设计部。

建设一个什么样的国民经济建设的总体设计部，如何建设这样一个总体设计部，是一个总体设计部的设计问题。系统科学的发展、系统分析的运用和系统工程的实践经验，使我们认识到国民经济是一个大系统，国民经济建设是一个大系统工程。为搞好这一系统工程，需要有一个系统工程总体设计部。

遵循系统科学的原理，运用系统分析方法的系统工程总体设计部，对于国民经济整体，只有在社会主义社会经济制度下才有实行的可能。因为我们是生产资料公有制为主体的国家，我们的经济不像资本主义私有制经济，那里背后的老板们彼此尔虞我诈、互相拆台，而我们是人民的利益高于一切的利益一致的同心同德。这一点，正是社会主义的优越性。

国民经济总体设计部应对我国人口、资源、环境、经济实力、科技教育水平、国际环境等基本国情，有动态的全面掌握；对党的国民经济发展的中长期战略规划，对当前国民经济运行状况，从中央到地方从部门到基层，在生产、交换、分配、消费各个环节上，根据客观经济规律和党的方针政策发现问题，提出问题，再提出解决问题的办法，达到国民经济总体良性循环和健康发展。

国民经济总体设计部不对国民经济系统正确运行或战略失误负责，总体设计部只负

责及时发现问题、提出问题和解决问题的总体方案的咨询意见。明确了解这一点，就可以看出在我国现行的党和政府的机构管理制度条件下，以及今后无论如何具体改革，设立国民经济总体设计部是适宜的。

1990 年，从党和政府宏观决策科学化的角度，钱学森又提出了社会主义建设总体设计部体系的建议。他认为，在中国社会主义建设中，党和政府是这一社会主义文明建设的系统工程的总指挥部，作为总指挥部的决策支持系统的参谋部是总体设计部。钱学森的这一思想，为中共中央所重视。1991 年 3 月 8 日，在中央政治局会议上，中共中央作出决定，对钱学森的建议予以采纳。

总体设计部把系统作为它所从属的更大系统的组成部分进行研制，对它的所有技术要求都从实现这个更大系统的最终目标和技术协调的观点来考虑。总体设计部把系统作为若干个分系统有机结合成的整体来设计，对每个分系统的技术要求都首先从实现整个系统技术协调目标的观点来考虑；总体设计部对研制过程中分系统与分系统之间的矛盾，都要从总体协调的需要来选择解决方案，然后要求各分系统研制单位或分总体设计部各自去研究实施。

总体设计部这种工作原理、方针和方法的实施，适用于一切系统，包括社会经济系统。不过，在社会经济系统中，更要靠整个系统成员对系统思想的深切了解来保证。

总体设计部的任务是根据党和国家所制定的当前和今后一段历史时期的任务（即党的代表大会和全国人民代表大会所决定的任务），为完成任务和达到目标而决定具体政策、组织原则和工作法规。在这个基础上，研究如何组织管理社会主义建设，设计出全国长期发展规划，在批准实行后，根据实行情况的信息反馈，在不断出现的不平衡中，组织新的相对平衡。

总体设计部工作的重要依据是数据。数据信息是总体设计部出产品的原料。没有准确及时的数据和信息，包括社会生产、经济活动、人民生活和科技发展等各方面的信息和数据，总体设计部就不能设计出正确的方案来。总体设计部第一步要做到的是使现行统计、会计、业务核算标准统一和完备，建立适合我国国情并能与国际比较的国民经济核算体系，建立投入产出表、资金流量表、资产负债表和国际收支平衡表，建立和健全统计系统的工作。

三、社会主义建设总体设计部的组织形式、本质特征、工作方式、应用功能与实施条件

1. 总体设计部的组织形式

在第 12 章介绍的“从定性到定量综合集成研讨厅体系”，也就是“大成智慧工程”，就是钱学森为建立社会主义建设总体设计部所找到的最理想的组织形式和工作方法。

2. 总体设计部的本质特征

（1）将现代科学技术体系、有关专家体系、以电子计算机为核心的工具体系三者有机地结合起来，构成一个高智能化的人 - 机交互系统。它可以避免少数人说了算，或开个会就定案的局限性和片面性，减少决策上的失误。

（2）任何事物都有既定的性质方面又有数量方面。总体设计部自始至终都把定性研究与定量研究结合起来，从多方面的定性认识，上升到定量认识。从思维科学的角度来看，是把形象思维和逻辑思维生动地结合起来，因而能更准确地把握事物的现象与本质、部分与整体、微观与宏观的状态，避免形而上学。

（3）把科学理论与经验知识结合起来。有许多尚未纳入现代科学技术体系的实际经验和感受，甚至专家的灵感对解决复杂性问题，往往有着十分重要的作用，取得"画龙点睛"之效。总体设计部实际上不仅可以集中专家群体的智慧、领导的判断，也可以汇集千千万万人民群众零散的意见，"集腋成裘"，熔铸成社会主义建设的方针、政策、发展战略，这是科学与经验的结合。它把我们党长期以来所倡导的民主集中制原则，科学地、完美地实现了，其意义远远超过一项科学技术的发展进步。

3. 工作方式

社会主义建设总体设计部是以现代科学技术体系为基础，采用"从定性到定量综合集成研讨厅体系"的方式进行工作的。其工作特点是：要求多方面工作采取人－机结合的方式，从而达到快速同步进行，主要目的是激发集体智慧，选择最佳方案。具体做法可以采取：

（1）根据任务需要，选拔各方面、各学科的优秀专家和科技人员，在总设计师的组织领导下采取 Seminar（讨论会）方式的讨论，发扬民主，互相启迪补充；汇集集体意见，做初步定性，酝酿理想的方案与解决问题的途径。

（2）运用现代化的信息网络技术，检索大量有关古今中外的信息资料，汲取其中最有价值的知识和经验，以丰富、扩展专家群体的智慧，深化定性分析。

（3）将专家群体提出的方案，决策、数据等各种信息，与电子计算机、仿真、模拟技术结合起来，对模拟的复杂巨系统及其解决方案，反复进行定性、特别是定量的分析，使之能从感性到理性、从微观到宏观、从部分到整体，迅速得出较精确的认识，进一步调动专家群体的知识和经验，激发创造性思想。

（4）利用多媒体技术（multimedia technology），特别是信息网络，甚至虚拟现实（virtual reality）技术和遥感技术（teleoperation），为总体设计部的工作创造如同真实的情景。

（5）事态总是不断发展变化的，必须及时利用现代化的信息网络，快速将决策方案在实施中遇到的问题与新情况反馈回总体设计部，以便迅速拿出修正和调整后的最佳决策新方案。

4. 总体设计部的应用功能与实施条件

应用综合集成方法（包括综合集成研讨厅体系）必须有总体设计部这样的实体机构。如果说综合集成方法是研究开放的复杂巨系统的方法论，那么总体设计部是实现这个方法论的所必需的体制与机制，两者是紧密结合在一起的，不同于传统科学研究中的个体研究方式。正如钱学森指出的："我们把处理开放的复杂巨系统的方法论定名为从定性到定量综合集成方法，把应用这个方法的集体称为总体设计部。"（《开放的复杂巨系统的科学技术》，1995 年）总体设计部不是执行部门，而是咨询机构；它不是决策机关，而是决策支持单位；它只能向决策者提出建议，而不能代替决策。

从这个角度来看，总体设计部由熟悉所研究系统的各个方面专家组成，并由知识面比较宽广的专家负责领导，应用综合集成方法（或综合集成研讨厅体系）对系统进行总体研究。总体设计部设计的是系统的总体方案和实现途径。它把系统作为它所属的更大系统相协调的观点来考虑；总体设计部把系统作为若干分系统有机结合的整体来设计，对每个分系统的要求首先从实现整个系统相协调的观点来考虑，对分系统之间、分系统与系统之间的关系，都首先从系统总体协调的需要来考虑，进行总体分析、总体论证、总体设计、总体协调、总体规划，提出具有科学性、可行性和可操作性的总体方案。

面对越来越复杂的现代经济社会，越来越复杂的现代工程系统的宏观谋划与开发管理，任何人和单一职能部门都有其知识、能力和历史的局限性，都越来越显得力量有限，难以有更大作为。现代复杂工程系统的开发与建设需要总体设计部；现代经济、社会，乃至政治，外交等复杂领域的运筹管理，也需要具有宏观谋划、运筹、协调、综合集成与组织管理咨询只能的"总参谋部"，应当进一步开展国家及相关领域实施"总体设计部"必要性与现实可行性的研究，进一步从体制创新入手，提高国家与相关领域决策的管理水平与能力。

总体设计部设计的是系统的总体，是系统的总体方案，是实现整个系统的技术途径。它不承担具体部件的设计，它力求即使某些具体部件质量不高的条件下，做到整个系统达到高效能，同时，应看准和抓住整个系统有全局意义的虽是部件却是关键的问题。而这一点，是一般分系统的总体设计部或咨询机构难以办到的。总体设计部如果丢掉了这一条原则，则会变成为当然也是必要的处理日常事务的如现行的秘书室、办公厅的机关。

四、如何建设好社会主义建设总体设计部

建立总体设计部绝对不能只此一家，别无分店，这样会形成垄断，堵塞言路，因此，除国民经济总体设计部外，应该欢迎和鼓励各部门、各地方、各机关的大、小咨询组织支持各自的执行机关以至中央机关的决策。它们一般可作为中央总体设计部的补充，同时又可与总体设计部持有不同的意见。总体设计部应该广泛地吸取和得到他们的反馈意见，不一定按照他们的意见行事。

建立总体设计部是为决策部门服务的，因此，决策者必须对总体设计部的意义有充分的认识，给予强有力的支持和对它的工作加以严格的要求。总体设计部目前在世界上以不同的形式和名称存在，已经成为一个学科和产业。

如何建设好社会主义建设总体设计部？怎样才能做好总体设计部工作？根据钱学森学的意见归纳如下：

（1）要站得高一些，学会总揽全局的整体观。这就要认识到马克思主义哲学是人类认识客观世界的最高概括，是人类智慧的结晶，它扎根于科学技术之中，又对科学技术研究有着指导作用。掌握唯物辩证的思维方式，实事求是，发扬学术民主，反对主观专断的唯心论；灵活、辩证，反对僵化、教条的机械论。

（2）认真考察，跟踪世界形势。关注第五次产业革命的浪潮对世界社会的冲击与影响。世界社会把世界各国联系在一起，世界经济一体化，其间又矛盾重重，纷繁复杂。随

着中国改革开放的深化发展，处处要与世界社会、经济、文化接轨，因而，必须下工夫研究当代世界社会，把握其矛盾的来源、背景及发展变化的规律，认真思考时代的特征。这样才能迎接世界的挑战。

(3)学习军事科学知识，也包括学习现代组织管理方面的知识才能。要研究现代战争和新的军事变革的本质等，以便更加深入地了解世界社会发展的形态，当今是一个激烈竞争的时代，竞争实际上就是打仗。军事部署与指挥、战略与战术等军事哲学思想也适用于组织管理的总体设计部。

(4)学习科学技术知识。社会主义建设总体设计部需要运用各种现代科学技术知识，从现代科学技术中汲取力量。社会是一个开放的特殊复杂巨系统，没有全面的科学技术知识，不可能使之科学而协调地发挥整体优势，顺利发展。

总之，建设社会主义建设总体设计部就是从整体上运用系统科学的思想和方法，去解决复杂的社会发展问题。它是科学、民主决策的咨询部。回顾中华民族的历史既有令人兴奋的辉煌成功，也有挥之不去的沉痛记忆。任何失误莫过于总体设计、战略部署上的失误，给民族带来的灾难最深重。这一点我们不能忘记。今天，我们有了总体设计部的思想和科学理论，并在许多方面取得了成功的实践经验。在此基础上，如果我们能够成功地建立起社会主义建设总体设计部，那么，我国的政治和社会就会更加稳定，我国的社会主义建设事业就会更加顺利地发展。

第十五章

钱学森论科学革命、技术革命、产业革命和社会革命

从20世纪80年代初，在世界范围内掀起了科学革命、技术革命和产业革命的研究热潮，但时至今日人们的认识并不一致，国外也有各式各样的说法。比如苏联只提"科学技术革命"，不提产业革命；在美国，又有人提"第三次浪潮"等。钱学森针对这个研究热点问题，从一开始就给予高度重视。早在1984年3月，在中共中央组织部等六部门联合主办的"新技术革命知识讲座"上，钱学森就作了题为《关于新技术革命的若干基本认识问题》的长篇报告，在我国学术界产生了巨大的影响。20多年来，钱学森始终坚持以马克思、恩格斯的历史唯物主义观点，分析研究科学革命、技术革命、产业革命和社会革命等一系列理论问题，并提出一套系统的科学理论。钱学森的这些思想观点，也是我国目前最具代表性的主流学说，对我国当前和今后相当长一个时期的发展都有很好的指导作用。

钱学森说："整个人类社会的发展，有四种革命是相互作用，相互关联的。这是一大学问，怎么来研究？这应该是我们现在社会科学方面的一大任务，要把它搞清楚，因为资产阶级，资本主义国家的学者常把水搅浑。"(《人体科学与现代科技纵横观》，134～135页)

一、科学革命与技术革命

1. 科学革命

"科学革命"这个词首先是由美国科学哲学家和科学史学家托马斯·库恩(Thomas S. Kuhn，1922－)提出来的。现代科学哲学主要分为逻辑主义与历史主义两个学派。逻辑主义以奥地利出生的英国科

学哲学家和社会哲学家波普尔(Karl R. Popper,1902 -)为代表,主张科学假说是通过证伪而受检验的,旧理论不断被证伪而为新理论所代替,用证伪原则确立其科学方法。历史主义以库恩为代表,把科学现象看作一个历史过程,根据历史上科学家的具体实践来确立科学方法。经过十多年的努力,库恩于 1962 年发表了一本仅仅 10 万字的小册子《科学革命的结构》。他在书中提出一个人们普遍赞同的观点,就是科学的发展不是平稳前进的,中间可以出现大的、质的变化,出现飞跃。他把这个质的变化、这个飞跃称为科学革命。这本小书一出版,立即在整个西方学术界引起了轰动,形成一股"库恩冲击波",迅速冲垮了波普尔批判理性主义的权威地位,并取而代之。有人把库恩的《科学革命的结构》这本小书列为 20 世纪科学哲学五大成就之一。库恩指出,科技史上最显著的科学革命的例子,在天文学中是哥白尼革命,在化学中是拉瓦锡革命,在物理学中是牛顿和爱因斯坦革命。到了近代,科学革命更加频繁,19 世纪自然科学的三大发现:细胞学说,能量守恒与转化定律和达尔文的进化论。20 世纪又有四大发现:相对论,原子结构和基本粒子的发现与量子力学,电子计算机的发明与控制论、信息论、系统论,分子生物学特别是核酸分子结构和遗传基因的发现(这项伟大发现揭示了生命的遗传之谜)。

钱学森认为,人认识客观世界不限于自然界,还包括人类社会,社会科学中也有科学革命,19 世纪中叶就有两次社会科学领域中的革命,改变了人类历史的面貌和进程:一次是马克思提出并建立了历史唯物主义,这是一次科学革命;紧接着马克思提出剩余价值学说,这也是一次科学革命。

钱学森认为,科学革命,是指人类认识客观世界的飞跃。在科学发展史上,人类对客观世界认识过程中,彻底推翻旧的认识,或扬弃过去的观点,建立新的认识,新的观点,实现认识上的飞跃。人类认识史上已经出现过多次新的飞跃,科学发展史上也出现过多次重大发现和革命。

钱学森指出:"在西方世界,16 世纪的'文艺复兴'运动引出了现代意义的科学,即人对客观世界的理性认识。科学发展到一定阶段,出现飞跃,即科学革命。按照这样的认识,应该说'日心说'的提出是一次科学革命。后来牛顿力学的创立,氧的发现和燃烧理论的提出等都是科学革命。20 世纪爱因斯坦提出相对论,同时还有量子力学的创立也是科学革命。应该指出的是,人认识客观世界的飞跃,不限于自然科学,在社会科学中同样有这样的飞跃,也应该是科学革命。按这样的理解,马克思提出剩余价值理论和历史唯物主义也属于科学革命。目前正在孕育着的科学革命有物理学上的超弦论,超弦的尺度比基本粒子还小 10^{19},而且所用的时空是 10 维的。这个理论一旦建立,将把目前发现的一百多种基本粒子统一起来,把强相互作用、弱相互作用、电磁力、引力这四种力统一起来。"(《创建系统学》,258 ~ 259 页)

2. 技术革命

技术革命的概念在我国是毛泽东同志于 1967 年首先提出来的,他指出:"技术革命指历史上重大技术改革,例如用蒸汽机代替手工,后来又发明电力,现在又发明原子能之类。"钱学森认为毛泽东的意思,即人类在改造客观世界的斗争中,技术上的飞跃叫技术革命。据此,钱学森把技术革命定义为:"人类在改造客观世界的斗争中技术上的飞跃。"

按这样的理解，应该说，在古代火的利用，即人类掌握发火、引火、用火的技术，就是一次技术革命。造纸技术也是一项技术革命。在现代，半导体的发现和利用，电子计算机的出现等，都是技术革命。如果拿这个观点来衡量，预防医学的出现也是很了不起的，属于技术革命。系统工程在管理技术和方法上的革命作用，也属于技术革命。严格地说，近代以来人类已发生了三次技术革命：第一次是18世纪蒸汽机的发明与使用；第二次是19世纪70年代电磁学的广泛应用；第三次是20世纪的原子能、电子计算机和空间科学技术的出现。

那么是什么引出技术革命的呢？钱学森认为："我们认识到技术革命是改造客观世界的技术飞跃，但人要改造客观世界必须先认识客观世界。在古代，人对客观世界的认识表现为由总结实践经验所得的感性知识，知其然，不知其所以然。这时现代意义上的科学还未出现，所以在古代是实践经验引发技术革命。""在今天，科学革命在先，然后导致技术革命，最后出现产业革命。这也就说明基础科学研究的重要性，有了科学发现才有跟上来的社会发展。"（《创建系统学》，258～259页）

在20世纪80年代中期，钱学森综观当代世界技术领域提出，在我国现代化建设中，要考虑4项技术革命，第一个是原子能技术革命；第二个是电子计算机的技术革命；第三个是航天技术的技术革命；第四个是创种技术（即基因工程）的技术革命。当然他也发问自己，"就这四项技术革命了吗？现代科学技术是否还孕育着其他更新的技术革命？这也是一个发人深省的问题。"20年过去了，钱学森提出的4项技术革命，毫无疑问是称得上技术革命的，他留下的发问也是正确的并值得我们深思的。

二、产业的概念与产业的划分

1. 产业的概念与划分

从恩格斯的《英国工人阶级的状况》一书中，我们可以搞清"产业"一词的含义。在这本书中，恩格斯分析了18世纪末到19世纪上半叶英国由于蒸汽机的出现而引起的整个社会的变化，包括工业、农业等的变化。"产业"一词不是指某一方面的事业，如工业、农业，而是指整个物质生产的事业，其影响涉及全社会。在上古时代，当人们还依靠采集和狩猎为生时，是谈不上物质资料生产的，因而也就不存在什么产业。从这个意义上说，大约在1万年前的新石器时代出现了农业，即我们现在通常说的第一产业。

1995年7月，钱学森在《科技进步的哲学问题研讨会书面发言》中，对第一产业提出了新的见解。他认为，经典著作中的第一产业，即"受自然资源约束的产业，包括矿业和农林业"，将随科技发展而退出历史舞台。经典著作中的"这一思想是受19世纪科学技术实际的影响的"，而今天，"科学技术已大大向前发展，自然条件的约束已大大缓解：用深钻到地下10公里搞无人地下化工，就能大大扩展资源范围；另外，三废回收利用技术和已出现的垃圾废品工业也能使'资源永续'。这是说矿业"。"对于农林业，也有类似发展：对日光和水资源的利用可以倍增十倍、几十倍的改进；用大棚控制栽培空间就避免了气候的影响。再加上生产流通的改进与现代化，第一产业将退出历史舞台了"。

2. 第四产业和第五产业

第四产业——科技业、咨询业和信息业等应运而生。科学技术业的主要任务是：组织科技力量，建立各种专业公司，创造条件，发挥群体智慧，有效地开发各种新技术；建立各种综合系统设计中心，将新技术迅速应用到生产中去，使基础应用研究—应用研究—设计试验试制—生产等实现一体化。当前，各国第五产业——文化业（文化市场业）、旅游业正在兴起。

三、产业革命的过去与未来

按照钱学森的观点，概括地讲，产业革命，可以理解为是科学革命和技术革命所引起的全社会整个物质资料生产体系的变革。也可以理解为经济的社会形态的飞跃就是产业革命。为什么说科学革命和技术革命会引起产业革命呢？因为推动产业革命的当然是生产力的大发展，那么又是什么推动生产力的大发展呢？当然是生产技术的大提高。这就是技术革命和科学革命。可以说，每一次产业革命都是由一项或众多的技术革命引起的。

钱学森认为："科学革命是人认识客观世界的飞跃，技术革命是人改造客观世界技术的飞跃，而科学革命、技术革命又会引起全社会整个物质资料生产体系的变革，即产业革命。"（《创建系统学》，259 页）

1. 人类历史上的 4 次产业革命

根据以上定义，钱学森认为，从古至今在人类生产发展的历史上，依次发生过 4 次产业革命：

第一次产业革命，大约发生在 1 万年以前，原始社会末期，火的发现和使用，使人从采集、狩猎为生，发展到开始从事农业、畜牧业，亦即形成第一产业——农业、林业、渔业畜牧业、采石、采矿等。其结果是产生了第一次社会大分工。

第二次产业革命，大约是公元前 1000 年左右，奴隶社会后期，铁器的制作与使用，使农业、林业、手工业都得到很大发展，出现了商品和商品交换。于是出现了商人，产生了第三次社会大分工。

第三次产业革命，发生在 18 世纪下半叶至 19 世纪初，始于英国蒸汽机技术革命，以机器为基础的近代工业遍及欧洲各国，创立了第二产业——工业制造业、纺织工业、建筑业等。这次产业革命是由第一次技术革命引起的。

第四次产业革命，发生在 19 世纪末至 20 世纪初，由于物理学的革命、电磁理论的建立、电动机的发明，促进了电机制造、电灯、通信、广播等的发展，生产社会化，形成了国际市场，从而创立了第三产业——银行、金融、保险、投资、贸易、交通运输业等。

钱学森认为，我们从第四次产业革命这个角度来看，看到这次生产规模冲破了独家独院的工厂而走向联合。这种形式首先是扩大到国家的规模，到 20 世纪 60 年代以来又变成了帝国主义国家之间，形成跨国公司，进行世界规模的经济活动。这就是列宁曾经讲过的垄断资本主义。当然，垄断集团之间还是你死我活的斗争。我们应当注意的是生产规模从一家一户的工厂扩大了，变成工厂与工厂之间的联合以至跨国联合。这种联合

有这样几个特点：一是生产部件的专业化；二是生产的标准化；三是因为联合，信息变得非常重要；四是组织管理的量大大上升，相形之下，直接的生产劳动由于机械化和自动化进步，需要的人力越来越少。这就使做组织工作的"白领"和直接劳动的"蓝领"的比例逐渐上升，也使组织管理成为一门学问，叫管理科学。第五点，就是一个工厂不能完全出产品，要许多工厂联合起来，所以运输动力都非常重要。钱学森还指出，银行、金融业将成为世界生产的组织者。因此，不仅应该有生产力经济学，而且还应该有金融经济学。

2. 第五次产业革命

钱学森认为，以微电子、信息技术为基础，以计算机、网络和通信等为核心的信息革命，就是我们正面临的第五次产业革命。

第五次产业革命是从第二次世界大战以后，直到今天。由于相对论、量子力学、天文学等科学革命，首先推动了军事科学的发展，原子能、雷达、通信、航空航天等许多新兴工业出现，特别是近年来，电子技术引起的信息革命，促进了核技术、航天技术、激光技术、生物工程、新材料、新能源等一大批高新技术的发展。科学技术成为提高生产力的决定性因素。

在今天的第五次产业革命中，由于计算机、网络和通信的发展与普及，将使劳动资料的信息化、智能化程度大大提高，这又将开创新一代的人－机结合劳动体系。它标志着现代社会生产已由工业化时代进入到信息化时代，世界经济也开始从工业化经济逐步向信息经济转变，知识和技术密集型产业将成为创造社会物质财富的主要形式。因而在产业结构上，除了原来的第一、二、三产业外，又创立了第四产业和第五产业。在就业结构上，从事一、二产业的人数，在劳动就业总人数中所占的比例不断下降，而从事第四产业的人数比例则不断上升。计算机和通信网络的结合和普及使用，不仅改变着人们的生产方式和工作方式，大大提高了物质生产力；而且改变着人们的研究方式，学习方式、生活方式和娱乐方式，计算机软件也成为人类文化的组成部分之一，开创了人－机结合的精神生产力，从而最终消灭人类历史上形成的体力劳动和脑力劳动的差别。

3. 第六次产业革命

在20世纪70年代末80年代初，相继出现了重组DNA技术，动植物细胞大规模培养技术、细胞和原生质体融合技术、固定化酶（或细胞）技术等现代生物技术，开创了工农业生产发展的新途径，为人类解决当今所面临的食物、健康、能源、资源和环境等一系列重大问题提供了强有力的技术手段。

以微生物、酶、细胞、基因为代表的生物工程，在21世纪将发展为以动植物工程、药物和疫苗、蛋白质工程、细胞融合、基因重组等为核心的生物工程产业，它的产业化将创造出高效益的生物物质，从而引发一次新的产业革命。这就是即将迎来的第六次产业革命。这是由生物科学技术飞跃进步带来的生产力乃至整个社会的大变革。这次产业革命的实质是以太阳光为能源，利用生物（动物、植物、菌类）水和大气，通过农、林、草、畜、禽、菌、药、鱼，加上工、贸等，形成新的高度知识密集型产业，即开创了大农业产业：包括种植农产业（植物工厂）、林产业、草产业、海产业、沙产业等。它的主战场不是在富裕的城市而是在贫困的田野、山林、草原、海疆、沙漠。这样发展起来的第一产业（农业）和第

二产业(工业)除生产产品不同外,在生产方式上已无实质性差别,即工业和农业之间的差别消灭了,两者结合起来成为物质资料产业。

从第六次产业革命的内涵来看,它主要不是发生在大城市,而是发生在农村、山村、渔村和边远荒漠地带。随着这一产业革命的发展,这些地方也都将改造成小城镇。第六次产业革命的另一个直接社会效果是将消灭几千年来人类历史上形成的城市和乡村的差别。

此外,随着第六次产业革命的到来,也将引发人类历史上一次饮食业的革命。由于人体科学的建立和发展,将能确定人在不同年龄、不同性别、不同生活条件下的合理营养需求结构。再加上生物技术大大拓宽的饮食原料,完全可以运用营养科学设计出各种人所需要的多种多样的饮料和食品,并采取工业化生产方式加工生产,形成真正的快餐业,将把人从几千年来的家庭厨房操作中解放出来,大大改变人们的生活方式。

4. 第七次产业革命

钱学森认为,人体科学(包括医学、生命科学)在21世纪将有巨大发展。人体功能的提高,将使生产力三要素中最重要、最活跃的劳动力素质大大提高,其影响将渗透到各行各业,这无疑又将引发一次产业革命,这就是涉及人民体质建设的第七次产业革命。

人体的保健和治病,需要靠生物学、生理学、病理学等生命科学提供的科学理论,但这对于确定病人身体状态并设计出改进和纠正到健康状态的治疗措施来说,是不够的,还需要对人体整体状态的了解,即对人体功能态的认识。认识人体功能态目前主要靠实践经验,医生们依靠临床经验,逐渐总结一套个人“心得”。这是临床医生的感性认识,各有一套,形成不了总的“医理”,以至临床误诊往往成为不可避免的现象。根据尸体解剖,证明误诊率高达30%以上;有的医学统计提出,罕见病的误诊率高达60%以上。对于人体这样一个开放的复杂巨系统来说,单靠传统的还原论方法是不能彻底解决问题的,必须加上系统科学中发展起来的从定性到定量综合集成方法,把中医、西医、民族医学、中西医结合、体育医学、民间偏方、气功、人体特异功能、电子治疗仪等几千年来人民防病治病,健身强体的实践经验综合集成起来,总结出一套科学的全面的现代医学,即综合集成医学。这个医学包括治病的第一医学,防病的第二医学,补残缺的第三医学,以及提高人体功能的第四医学。这样,就可以真正科学而系统地进行人民体质建设了,人民体质和人体功能都将大大提高。

钱学森还具体地指出:建立综合集成医学的核心措施,是利用第五次产业革命发展起来的信息技术,建立医疗信息网络。当然,为了适应这样的医疗方式,就必须改造现有医院的组织体系结构,建立新型医院和新型的医疗卫生体制。这就为医疗卫生事业的革命开辟了新的道路。

产业革命发展历程见表15-1。

表 15－1　产业革命（科技、生产体系和社会制度）发展历程表

历次产业革命	科技发展状况	社会生产体系的变革	社会制度的转变
第一次产业革命，大约发生在1万年以前，形成第一产业	火的发现和利用	人类从狩猎、采集野果为生，发展到开始从事农业、畜牧业、渔业等	原始社会向奴隶社会转变
第二次产业革命，大约公元前1 000～前200年的青铜器时代，出现了商品和商品交换	铁的发现和利用	农、林、畜牧、手工业、采矿、冶金业得到发展，有了剩余产品	奴隶社会向封建社会转变
第三次产业革命，18世纪下半叶至19世纪初，形成第二产业	蒸汽技术革命	以机器为基础的近代工业兴起，如机器制造、纺织工业、建筑业等	封建社会向资本主义社会转变
第四次产业革命，19世纪末至20世纪初，形成第三产业	物理革命、建立电电磁理论、发明电动机	促进电机制造、电讯、交通航海、运输业、国际贸易、金融等的发展	资本主义从自由竞争向垄断资本主义发展，生产日趋社会化与私有制矛盾尖锐
第五次产业革命，第二次世界大战后至今，形成第四产业	以相对论、量子力学等科学革命为先导，一大批高新技术为动力的信息技术革命	科技业、咨询业、信息业迅速发展，出现世界一体化的生产体系，体力、脑力劳动差别逐渐缩小	开始形成各种不同国家政体、不同经济发展状况、不同意识形态为主导、打破地区界限的各国联合体——世界社会形态
第六次产业革命，即将到来。第一产业逐渐变为第二产业，第二、三、四产业相互促进	以微生物、酶、细胞基因等科技成果为代表的生物学与生物工程技术的飞速发展	以太阳光为能源，利用生物、水、大气，通过农、林、草、畜、禽、菌、药、渔、沙、海业加上工贸科技于一体的生产体系形成，城乡差别逐渐消失	形成从资本主义向（社会主义）共产主义过渡的世界社会形态
第七次产业革命，本世纪相继到来。多种产业相互促进	以人体科学（包括医学、生命科学等）为主导，带动各种科学技术飞速发展	人的体质、功能、智能大大提高，加之先进的科学技术与设备促成组织管理革命，必将引发新的产业革命，工业农业无差别	叩响共产主义大门，创造世界大同的人类新纪元

四、社会革命及现代中国的社会革命

1. 社会革命和当今世界社会形态

钱学森根据马克思提出的社会形态学说的概念提出：任何一个社会都有三种社会形态，即经济的社会形态、意识的社会形态、政治的社会形态。这就是一个社会的三个侧面，它们相互联系，相互影响并处在不断变化之中。飞跃式变化就是我们常说的革命。相应于经济的社会形态的飞跃是产业革命，相应于意识的社会形态的飞跃就是文化革命，毛泽东早在1940年就用过“文化革命”这个词，说16世纪在西欧的“文艺复兴”是一次文化革命。相应于政治的社会形态的飞跃则是政治革命。社会革命是指整个社会社会形态的飞跃，所以，产业革命、文化革命、政治革命都是社会革命。

社会革命，即社会制度的根本改变，又称“社会进化”的对称，急剧、根本性的、全面质

变的社会变迁形式。它也是科学革命、技术革命和产业革命推动下的必然结果。

人类社会发展史上，从原始社会到奴隶社会，从奴隶社会到封建社会，从封建社会到资本主义社会，从资本主义社会到共产主义社会（其初级阶段是社会主义社会）都是政治革命。我们目前进行的政治改革，是社会主义制度的不断自我完善，这不是政治革命。

今天，由于第五次产业革命的推动，世界范围内的市场经济发展，经济上全球一体化趋势日益增强，世界正逐渐形成一个相互联系的大社会，哪个国家也不能闭关自守。另一方面，从世界各国情况看，在经济上有发达国家、发展中国家、不发达国家；在政治上有社会主义国家、资本主义国家、封建主义国家；在意识形态上有以马克思列宁主义居统治地位的国家、以资产阶级自由民主观念居统治地位的国家、以各种不同宗教信仰居统治地位的国家。这将是资本主义社会形态之后，实现共产主义之前的一种过渡的世界社会形态。它将打破地区、国家的界限，在促进全球经济一体化的同时，也会一步一步地向政治一体化的方向发展。在这个阶段上，由于三次社会革命的成功推动，中国已经强大起来，人们从中国的发展和繁荣中看到了社会主义的优越性，社会主义将战胜资本主义，人类最终走向世界大同的共产主义社会。

2. 现代中国的社会革命

现代中国的第一次社会革命是解放生产力的社会革命，这次革命中，中国共产党领导全国各族人民，经过 28 年的艰苦奋斗和流血牺牲，终于推翻了压在中国人民头上的“三座大山”，把一个贫穷落后的旧中国变成了社会主义新中国。这是中国历史上最伟大的翻天覆地的革命。

现代中国第二次社会革命是发展生产力的社会革命。在新中国成立以后，以毛泽东为核心的党的第一代中央领导集体，又领导全国人民开始了新的长征，积极进行中国社会主义建设和现代化道路的探索，这是一项更为复杂更为艰苦的伟大事业。

1978 年，中国共产党十一届三中全会实现了具有深远历史意义的伟大转折，掀开了中国历史的新篇章。邓小平同志根据马克思主义的基本原理，把发展生产力确定为社会主义的根本任务，提出了建设有中国特色社会主义理论，为我们党举起了一面引导全国各族人民迈向 21 世纪的伟大旗帜，开始了现代中国的第二次社会革命，即发展生产力的社会革命。

改革开放是发展社会生产力和实现社会主义现代化的必由之路，是社会主义制度自我完善和发展的正确途径，因而是取得中国第二次社会革命成功的关键。通过开展经济体制、政治体制、文化体制、科技体制、教育体制等的改革，我国社会生产力有了飞跃发展，取得了举世瞩目的巨大成就。党的十四届三中全会提出建立社会主义市场经济体制，标志着我国的改革开放进入了一个新阶段。到建党 100 周年时，我们将建成成熟的社会主义市场经济体制，到 21 世纪中叶实现第三步发展目标，即基本实现社会主义现代化。到那时，现代中国第二次社会革命的目标和任务才算基本完成。这次社会革命的结果是经济上建立了社会主义市场经济体制，并进入发展生产力的新阶段，大大推动了社会主义物质文明建设；政治上巩固和发展了社会主义制度；思想上坚持和发展了马克思列宁主义、毛泽东思想，创立了建设有中国特色社会主义理论。社会主义精神文明建设

和政治文明建设水平都将有更大的提高，一个富强、民主、文明的社会主义中国将屹立在世界东方。

钱学森等人通过研究我国社会主义现代化建设的系统结构表明，由于信息技术、生物工程和医学、人体科学的发展，将导致相继并在一定时间段重叠出现的人类历史上三次新的产业革命，这三次新的产业革命结合在一起，将开创人类社会生产力创新发展的新阶段，它必将引起经济的社会形态的飞跃发展，同时还要引起政治的和意识的社会形态的变革，最后导致现代中国的第三次社会革命，也是创造生产力的社会革命。

21世纪中期出现在中国大地的第三次社会革命，不仅是第一、第二社会革命的继续和发展，而且迎着现代科技革命的新潮流，在三次新的产业革命的推动下，脑力劳动和体力劳动差别、城乡差别、工农差别在逐步消灭，人的思想觉悟，科技文化知识，身体状况和人体功能都会有很大提高，各种创造发明将层出不穷，使中国进入创造生产力的新阶段。这不仅极大地促进了社会主义物质文明建设、精神文明建设、政治文明建设，而且使三个文明建设之间以及地理建设进入了协调发展时期，这必将使中国由社会主义初级阶段进入到发达阶段。综合起来可以看出，现代中国第三次社会革命的主要特点是：

社会主义物质文明建设将有巨大发展，发达的社会主义市场经济，生产的数量、质量、速度和效益都将大大超过过去，也将高于其他国家，走在世界的前列；社会主义政治文明建设更加完善，形成如毛泽东同志所说的一个又有集中又有民主，有纪律又有自由，有统一意志，又有个人心情舒畅、生动活泼那样一种政治局面；社会主义精神文明将达到更高水平，三次产业革命的到来也将引起意识的社会形态的变革，形成一次真正意义上的文化革命（其含义绝不同于“无产阶级文化大革命”），推动社会主义精神文明建设向更高境界发展，创造出更多更高水平的精神财富，满足人民的精神需要。三次产业革命以及三项文明建设的巨大成就又大大促进了我国社会系统的环境——地理系统的建设，地理建设的巨大进展，大大促进了人与自然之间的协调发展，也就是实现了人口、经济、社会、资源和生态环境的协调发展，使中国进入了可持续发展的新阶段。

第十六章

钱学森现代大科学组织管理思想

"大科学"是现代科学技术发展的必然结果。钱学森亲身经历了美国"大科学"体制的改造,亲自组织实施了中国的"大科学"的实践,深刻地感受到社会主义为"大科学"提供了充分的发展条件。他从上世纪50年代回到祖国以来,始终从事"两弹一星"等国防尖端科学技术的组织实施工作。他认为这都是大规模的科学技术工作,是社会化的生产劳动,不但技术复杂、涉及面宽、投资大、参与的部门和人数众多,而且任务重、时间紧,必须按总的时间接点协调好方方面面,所以组织工作特别重要。他不但创造性地实践了我国现代大科学的组织管理工作,而且特别善于从中总结提炼现代大科学组织管理的规律性东西。自1963年以来,他相继发表了《科学技术的组织管理工作》、《大规模的科学实验工作》、《组织管理的技术——系统工程》、《论科学技术研究的组织管理问题》、《聂荣臻同志开创了中国大规模科学技术研制工作的现代化组织管理》和《总结"两弹一星"工作的经验是有现实意义的》等大量阐述现代大科学组织管理思想的文章。他认为,认真总结这一事业中的经验教训,特别是20世纪中叶我们搞"两弹一星"(即原子弹、导弹和人造卫星)的经验,在今天是有现实意义的,因为这些经验是社会主义的、现代化的,是适合中国国情的,也是具有中国特色的。

一、现代大科学的形成及其特征

所谓"大科学"(big science, megascience),是指需要大规模的仪器和资源的研究项目,通常也是国家资助的规模巨大的科研项目。这

包括两种类型：①“工程型”（大设施型）大科学研究，即需要投巨资建设一个大型的科研装置，众多科学家利用这一装置开展相对集中的研究，例如粒子加速器、空间站；②大规模地分布与协作研究，例如人体基因研究项目和全球变化研究项目。

“大科学”思想最早起源于20世纪20年代在苏联首创的“规划科学”思想，曾长期被西方视为“布尔什维克瘟疫”。但是，战争和经济的大萧条，迫使美国的一些有头脑的科学家们懂得：“科学的应用并不是科学本身能解决的问题，而是先发现人类的各种需要，然后再精心思考和严密计划，才能找出方法，从而满足这种需要的问题。科学功能的这种萌发意识，确是20世纪社会革命最突出的特征之一。”贝尔纳一针见血地指出了“十月革命”对“大科学”形成的历史性贡献。从1931年在伦敦召开的第二次世界科学史大会开始，苏联的“规划科学”思想迅速影响了西方。

美国“大科学”的社会需求是在第一次世界大战以后开始的。1915年，美国联邦政府组织的大型自然资源调查及其报告，就是一项“大科学”性质的科研活动。二战爆发后，为了军事的需要，美国把联邦实验室、工业实验室、高等院校的实验室，以及私人基金会和非营利机构等4个方面的科研力量，统由联邦政府科学研究与发展局直接管理和调控。这实际上已经完成了美国“大科学”体制的改造。钱学森当时身置其中，亲身经历了美国战时“大科学”体制的改造。第二次世界大战后，美国科学技术之所以能迅速崛起，一跃成为世界科学的中心，原因就在于实行了大科学体制。20世纪40年代的“曼哈顿工程”和20世纪60年代的“阿波罗计划”的成功，以及包括高能物理实验、大型天文物理观测和高技术研制等在内的大科学项目的开展，都证明美国的大科学体制是行之有效的。

20世纪30年代开始，科学技术事业进入到由国家组织协调的大规模集体研究阶段。早在1964年，钱学森发表的《大规模的科学实验工作》一文就对现代大规模科学技术研制工作的形成与特征有过准确的阐述：

> 在科学技术发展的初期，整个事业的规模很小，从事科学研究的人很少，他们是专业的科学家和科学家的助手们。那时每项科学研究实验只有几个人参加，使用的设备也比较简陋，同我们现在中等学校教学用的设备差不多，甚至更简单些。即便是专门的科学工作者，在研究很重要的科学问题时，也不一定非用复杂的设备不可。他们所研究的问题比起科学发展初期的问题是大大不同了，但他们承继了初期研究的物质条件：一两间工作室，简单的工具，一个科学家带几个助手，加上图书馆、资料室。这样工作的科学家们也在辛勤地开拓科学技术的园地，是科学队伍中的一个重要方面军。
>
> 但是我们在这里所要特别描述的却不是这种小规模的科学实验工作，而是突出地标志着现代科学技术特征的大规模科学实验工作。现代科学技术实验工作要求精细地剖析自然现象，因此它就必须使用相应的优良工具、仪器及特制研究设备。比如：为了研究高速气流作用在物体上的力，也就是研究高速气动力学，就必须建设高速风洞，放置试验物体（也称风洞用模型）的试验段本身的尺寸就从几米到几十米，整个风洞的尺寸比这又大十几倍。风洞所需的电功率可以大到几十万千瓦等于一个大型水力发电站的功率。我们还可以举出其

他的例子，但不论是哪一种大型研究设备，我们都可以概略地把它比作为一座高度现代化的工厂，建设这样大型研究设备的投资也与建设一个大型现代化工厂的投资相去不远。

现代科学技术的大型实验设备还不只是庞大、复杂、建设投资大，我们尤其应该看到因此而带来的一些变化：由于设备投资大，所以不能重复多建同一种设备，而要尽量发挥一台设备的工作能力，使它“生产”实验的能力最大限度地提高。要求把实验工作组织很像现代化工厂那样严密，要把每个“车间”、每个“工段”专业化，有专门的人员负责。所有这些都说明大型实验设备的有效运用就需要扩大科学实验的组织规模，从科学发展早期的几个人到几百人，以至千人以上。而且他们是一个“多兵种”的作战队伍，不但包括几种不同特长的实验科学技术人员，而且也包括几种配合实验工作的专业技术人员，他们并不直接参加实验工作，是为研究工作服务的第二线科学技术工作者；在数量上第二线的人员往往超过直接参与实验的第一线人员。

可以看得出来，围绕每一项大型实验设备要有一个拥有几百人或千人以上的专门单位，即所谓专门研究所。它的组织是严密的，它的工作必须有经过仔细推敲过的年度、季度计划。一句话，科学技术的研究工作已经从手工业式的转变成现代工业式的企业了。

专项现代科学实验的规模还不止于以上所说的几百人或千人以上的研究所，还可以组织几万人参加的非常复杂、非常庞大的专门研究集体。这一组织是为了实现某一具体目标，这种研究组织的雏形出现于20世纪初的一些科学技术发达的资本主义国家。为了适应帝国主义侵略政策的需要，这种研究组织在20世纪40—50年代有了很大的发展，扩大为有几万人参加的专项研究集体。只不过他们的老板不是某一个资本家，而是代表垄断资本家的政府罢了。德国的航空、美国的原子弹和氢弹、洲际导弹的研究与制造等都是这样干的。

为什么叫大规模的科学技术研制工作？首先，什么叫研制？研制是研究、设计、试制的缩写，包括科学研究，但目的是产品，能到达一定预先制定的目的和性能的产品。所以，研制不同于基础科学研究，如果说基础科学研究是为了认识客观世界，那么研制就是直接改造客观世界了。形象地说，基础科学研究是“文的”，研制是“武的”。那么，什么是大规模科学技术研制呢？规模为什么大？因为最终要取得的产品非常复杂，包罗了许多组成部分，而每一个组成部分又由许许多多仪器、组件构成，一个仪器、组件又由许多单元、元件所构成，其中有很多项目经多次研究试验才能成功。所以，工作量之大，规模之大，就可以想见。(《论系统工程》,372～373页)

联系我国大规模科学技术研制工作的实践。钱学森认为，对于现代大规模的科学技术研制工作来讲还有如下一些特点，例如研制一个新型号的导弹核武器，因为技术发展的步伐要加快，新型号还必须引用老产品所完全没有用过的某些新技术。在现代大规模科学技术研制工作中，全过程分三个大阶段：第一阶段，预先研究；第二阶段，型号研制，包括设计、

试制、试验和定型(或鉴定);第三阶段,正式生产。每一个阶段还可以再细分为几个小阶段,国外还有分成更多阶段的说法,但三个阶段的分法比较合乎我们国家的实际。

在过去的几十年中,大科学研究——无论是大科学设施,还是大的协作项目,已经成为科学事业发展的一个关键部分。虽然整个科学领域还分布着广泛的小科学研究,但大科学已经稳稳地占据了科学事业舞台的中心。在一些领域,大科学为小科学提供了强有力的基础。例如,中子源和同步加速器是小科学的平台,它们为许多科学(如,材料科学、固体物理)的研究提供了基本的工具。

钱学森曾提示指出:“说到21世纪,说到大科学技术,这里面的问题就更多了。比如说大科学技术,就有一个怎样组织的问题,在中国科协最近出的一期《科技导报》,即1990年的第1期上,有赵红州和蒋国华写的一篇文章,题目是《大科学时代更需要科学帅才》,值得我们看看。因为他们提出了一个科学帅才的问题,就是组织大科学的工作所需要的特殊人才。”(《创建系统学》,219页)

二、钱学森现代大科学组织管理思想的形成与发展

大科学组织管理是当代科学技术发展的产物,探索和研究大科学自身的规律和组织管理原则具有重要的现实意义。大科学是现代科学技术发展的必由之路。钱学森在《大规模的科学实验工作》一文中明确指出:

> 具有一个明确目的的大规模科学实验组织是科学技术发展到现阶段的产物,是符合事物发展的客观规律的,它既可以为帝国主义服务,也可以为社会主义服务。
>
> 为什么说大规模的科学实验组织是当代科学技术的产物呢?这是因为围绕一个具体的科学技术目标来组织一支有几万人参加的队伍,我们是在下大本钱,所以对得出结果,必须有很大的把握;而对一项科学技术工作的结果看得那么清楚,在19世纪或20世纪的初年是不大可能的。但是大约在30年代,情况改变了,人们对自然界中小至原子核,大至银河星系,在这么广阔的范围内的物质运动规律已经在原则原理方面搞通了。虽然我们对在此范围以外的基本粒子或总星系还不太懂,在将来科学技术还要进一步发展和提高,对我们现在已经知道的东西还会有所补充而更加完善,但这并不妨碍我们对改造物质世界的信心,我们相信现代科学技术的威力足以解决差不多任何前人从未尝试过的课题。
>
> 因为像这样的大规模科学实验必须在规定的时期内完成,它的基础是已知的科学原理,而不能靠今天还完全不知道的科学原理。因为探索自然界的未知,或所谓基础理论研究是一件难以预见的事,什么时候得出结果,或得出什么样的结果都难于事先规定,所以具有一定目标的大规模科学实验是从已有科学原理出发,从应用性的理论研究开始,一直做到全套解决原定问题的具体方案。这个具体方案又必须经过实践,证明确实可行。因此看来这种科学实验工作实际包括了理论研究、工程设计、大量的试验,以及试制生产。这是工作的深度。又因为最后要通过实物试验,所以必须把问题各个方面都研究一番。不但要解

决核心问题，也要解决周围有关的问题。这是工作的广度。所谓规模大，其原因是工作的高度综合性，既深又广，非有庞大的工作队伍和复杂的机构不可。

当我们认识到科学实验在将来历史发展中的重要意义，我们就应该积极地去研究实验本身规律和组织管理科学实验的正确原则。应该认识到科学实验工作不同于生产斗争，它有它自己的工作和组织规律。如果我们不掌握这一点，用管理生产的方法去管理科学实验，那就会遇到困难，不能很好地推动科学实验。例如定年度计划就是个问题：科学实验必须有计划，但它毕竟不同于定型产品的成批生产，包括许多不能在事先完全肯定的因素，计划得有个较大的幅度，留有一定余地，以便作必要的调整。科学实验工作也不能像生产企业那样上缴利润，但有它自己的经济核算方法。此外，有时科学实验需要规模很大的制造车间和工厂，但这是为了加工新的设计，提出试验用的样机，基本上是单件生产；这就要求一套与成批生产定型产品的组织管理方法不同的车间和工厂组织管理方法。

1963 年，钱学森在中共中央主办的权威刊物《红旗》杂志上发表了题为《科学技术的组织管理》的文章。这是我国关于现代“大科学”组织管理方面最早的研究成果。文章着重讲了科学技术研究或研制单位内部的组织管理问题。17 年后，钱学森又发表了《论科学技术研究的组织管理问题》(《系统工程与科学管理》，1980 年第 1 期)，论述的范围是全国性的科学技术研究的组织管理问题。钱学森指出：

科学技术研究的组织管理是一门工程技术，是系统工程，它的方法理论是运筹学。关于科研组织管理的方针、政策的理论指导要靠科学学，特别是科学学的两大分科，政治科学学和科学体系学。不解决这些问题，我们在科学技术现代化的道路上就不能高瞻远瞩，不能下决心，从而耽误大事。

为了使科学技术现代化、组织管理好科学技术工作，需要有强大的仪器设备工业部门和科研的元件、器材供应，设置新的管理部门。还要发展计量系统工程、标准系统工程和情报信息系统工程等科学技术研究中组织管理的外围工作。这些都是科学技术能力的形成方面的问题，因而其理论基础是科学学的另一个分支——科学能力学。但这些都还不是科研系统工程本身。

科学技术研究中组织管理的中心问题，是科学技术研究的规划、设计的制定，研究工作的具体组织管理，工作的计划协调、调整，以及人力、物力的调度、指挥。这才是钱学森所说的科研系统工程。

科研系统工程的服务对象是基础研究、基础应用研究和应用研究，因而探索性很强，是探索我们还不知道的、不认识的，或还大部分不知道的、大部分不认识的客观事物，包括自然界的或社会的。因此，在工作规划计划中对工作对象要在研究实践中逐步掌握，而一旦全部掌握了，研究工作也就完成了。广泛征求意见和整理意见是科学技术研究组织管理中的第一道重要工序。我们不但要听一个人的意见，而且要了解提建议人的工作经验，思想背景，要能听出他还没有在言词中表达的东西，要用唯物辩证法。完成这项工作要求有广泛的科学技术知识，懂得科技发展史，而且一定要了解科技人员，了解群众。

这也是培养科技组织管理工作者的一个要求。

钱学森曾谈到："既然是大规模科学技术研制工作的现代化管理体制，当然不能说它是局限于国防科学技术工作的。周恩来同志在生前一次听取我们汇报工作时就说过，这套工作体制要推广到所有包括民用工业在内的大规模科学技术研制工作中去，并说将来建设长江三峡水利枢纽就可以用。这就是说，这种工作体系可以为所有社会主义建设中的大型工作服务，提高工作效率。"

到了20世纪70年代后期，钱学森的现代大科学的组织管理思想发生了质的飞跃，其标志是1978年发表了具有里程碑意义的《组织管理的技术——系统工程》一文，可以说直接掀起了一场中国的管理科学革命。

三、我国大规模科学技术研制工作的指导方针

20世纪50年代中期，在我国当时十分困难的条件下，党中央、毛泽东主席决定研制我国自己的导弹核武器，并且批准了"自力更生为主，争取外援为辅，充分利用资本主义国家的科学技术成果"的方针。钱学森对党中央的指导方针有过深刻的阐述，他说："为什么要干这样费力的大规模科学技术研制工作呢？原因就是产品的有或没有，关系到国家大事。就以导弹核武器而论，它在今天的世界上，有它或没有它是关系到一个国家的国际地位，关系到国家安危的大事……试问：如果我们今天没有导弹核武器，我们国家的国际地位将如何？你们还能不能安心搞正常的工作？恐怕大成问题吧。所以大规模的科学技术工作不能不搞。当然，我们国力有限，也不能什么都搞，而要有选择地搞，只搞那些在我国现阶段发展所必需的。""因为研制规模大，花钱多，所以就尤其要讲经济效益，尽可能节约。决不能只要能出成果，费用在所不计。又如一项技术，是我们工作所需要的，又有从先进国家引进的可能，费用还比我们自己搞省，那我们当然应该引进。这就是党的十一届三中全会以来制定的正确对外开放政策，闭关自守是愚蠢的。我们一定要通过一切可能的途径汲取对我们有用的国外技术。但正如前面阐述的，大规模科学技术研制工作往往涉及一国的政治经济要害，触及国际极为复杂而激烈的政治斗争，即使我们想引进，也可能是一厢情愿，是空想。"他引用聂荣臻元帅的话说："所以，一切都要靠自力更生。这不只是讲尖端，稍微进步一点的东西都要靠进口，花钱到国外去买，那是不可能的，妄想！""许多教训使我们深刻认识到：只能靠自力更生，只有自力更生才靠得住。不要光着眼于去买外国的先进技术；他要赚钱，公开的，流行的，一般的，他还可以给你，但凡是比较先进的都不会给你，去参观也很少看得到，所以说靠人家靠不住、靠自己才靠得住。"（《论系统工程》，373～374页）他认为，这是聂荣臻元帅在今天新的历史条件下，对我国科学技术发展，特别是对我国大规模科学技术研制工作，基本方针的明确阐述。这个方针完全符合我们国家和世界的实际情况，并且是实践证明了的，也是工业系统中科研生产的普遍规律。

新中国50多年的科学发展史，就是大科学的历史；新中国50多年的重大科学技术成就，也是大科学的成就，比如"两弹一星"、人工合成、高能物理等等。正如美国评论家所说："大凡属于大科学范畴的科研项目，社会主义国家均有一定的优势。但是，基础科

学的成就，则很少与社会主义国家有缘。”评论虽然苛刻，倒也切中实质。

四、创建了具有中国特色的大科学组织管理模式和组织管理技术

钱学森认为，现代管理科学要用科学的方法论和先进的科学手段。大规模的科学技术工作，不但技术复杂、涉及面宽、参与的部门和人数众多，而且任务重、时间紧，必须按总的时间接点协调好方方面面，所以组织工作特别重要。他首先强调要抓总体，抓大总体，然后按系统层次，把各个环节严密地组织起来；他大力倡导开展《运筹学》在国防工业管理中的应用，并具体提出下列四个方面的内容：①计划的平衡技术，包括投入产出法和电子计算机的应用；②计划的协调技术，包括统筹学和电子计算机的应用；③生产统计数据，包括统计工作和电子计算机的应用；④质量及可靠性控制技术。

钱学森认为，现代化大规模科学技术研制工作的组织管理，既要符合科学技术工作的客观规律，也要结合中国的具体实际。20 世纪 50—60 年代，我国在依照苏联模式的基础上，逐步形成了一套（军事工程高技术）现代大规模科学技术研制工作的组织管理体制。最初，是根据需要研究大科学项目，成立相应的部、院，如实施原子弹、原子能工程（596 工程）的第二机械工业部，实施火箭、导弹、卫星工程的国防部第五研究院（即后来的第七机械工业部）。20 世纪 60 年代，航天系统按“以型号为目标，以专业为基础”的原则，设立若干型号研究院。1962 年 11 月，成立了中央专门委员会，周恩来任主任，国务院有 7 位副总理和 7 位部长参加，统一领导我国的国防科学技术事业。1962 年，中国中近程火箭首次试射失败，主要原因在于总体工作薄弱，这就导致在国防部第五研究院成立总设计室。后来，研制每个型号的火箭研究院都相应地建立了型号总体设计部，以强化技术抓总和技术协调，保证系统优化。

总体设计部是型号总体设计师的工作机关，型号下的分系统设主任设计师，具体到单项产品设主管设计师。总体设计师主要负责总体设计的技术问题，主任设计师主要负责分系统的技术问题，主管设计师主要负责单项产品的技术问题，这就形成了一个跨建制、跨部门的技术指挥系统——设计师系统。另一方面，各级领导机关的行政负责人（部长、院长、所长、厂长等）与各级计划管理部门组成以计划、调度为中心的行政调度指挥系统。这就把技术协调与计划协调结合在一起，形成了我国国防科技管理系统，按照系统工程的方法实施组织管理，实行科研与生产相结合的管理体制，进行跨部门、跨地区、跨行业的联合攻关。总体设计部的建立，培养了一批具有组织管理研制导弹这样复杂系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法的人才。当时我国的导弹卫星研制系统还学习引进了计划评审技术（PERT 网络技术）、计划程序预算系统、预测技术、决策技术、可靠性工程方法，并应用到了发展导弹、原子弹、空间技术等过程中。同时，这个时期的民用部门也开始了探索和应用。一些高校则开设了系统管理或系统工程方面的课程。在钱学森的支持下，一些大型自然科学研究机构设立了系统工程研究项目。

20 世纪 70 年代，系统管理的实践以“长征三号”运载火箭的研制为代表。“长征三号”的管理目标是在 1974 年提出的，1976 年确定设计目标，1978 年确定总体设计方案。

该运载火箭的研制，始终按照系统工程进行管理、广泛采用可靠性技术、可靠性试验技术及设计评审制度。按照型号的统一目标处理当前与长远、超前与基础、独创与继承、局部与整体、子系统与大系统等各方面的关系，并建立起总体设计师系统与行政调度指挥系统的具体组织模式，坚持整个系统的综合平衡。这是一项极其复杂的系统工程，在实践中逐步总结出了配套原则、远近结合原则、短线平衡原则、需要与可能相统一原则等行之有效的现代大科学的组织管理经验，为钱学森突破管理科学理论做好了实践准备。

钱学森后来总结指出："两个各有专职的系统，技术指挥系统和调度指挥系统，每个型号两组指挥员，总设计师和副总设计师是技术指挥员，还有调度指挥员。两个系统、两组指挥员都向部门的领导负责，在部门领导的领导下亲密协作编好一个型号、一个产品为研制工作。这就是我国通过国防尖端技术，导弹核武器和人造地球卫星研制工作逐步形成的大规模科学技术研制工作的现代化组织管理体制。"（《论系统工程》，377～378页）现在这种"三个阶段，两条指挥线"的大规模科学技术研制工作制度在整个国防科学技术工业部门推广实行，已经成为具有中国特色的大科学组织管理模式和组织管理技术。

钱学森还进一步指出，为了做好技术指挥系统和调度指挥系统的工作都可以引用系统工程的技术；为了前者，用工程系统工程，为了后者，用企业系统工程。这样就可以用上电子计算机，在把工作做得更细、更准的同时，又节省人力和时间。现在这也已开始在我国实现了。

进入20世纪90年代以来，由于大科学项目需要巨额投资，且投资的效益是长期的，有很大的风险性，因此，大科学项目本身的特性要求国际合作，由不同国家的政府共同投资，分担风险，共同获益，同时避免不必要的重复。在西方先进国家的大科学事业发展中，除了财力雄厚的美国长期"单干"外，欧洲各国在有选择地建设自己个别大科学设施的同时，依靠的是国际合作。大科学在科学的发展中发挥着关键的基础作用，并且与国家的长远利益、综合国力、国际地位和外交实力密切相关。可以预见，世界各国的大科学国际合作将会进一步加强。

五、一个有益的比拟——搞科学技术研究像军队那样来组织指挥

多变的情况，及时的情报，快速的反应，成功与失败，这一系列特征，也是人类社会活动的又一领域——战争的特征。那么科学技术研究的组织指挥和打仗的组织指挥有无相似之处呢？钱学森在《论科学技术研究的组织管理与科研系统工程》第六节为我们作了一个很好的阐述：

> 说要把科学技术研究像军队那样来组织指挥，这会引起一些科技人员的担心，说这是要集中统一了，"一统就死"，可干不得呀。我想这是怕光有集中，没有民主，把集中和民主对立起来了。我们是讲民主与集中的辩证统一，是在充分民主基础上的正确集中，不是瞎集中，所以决不会"统死"。
>
> 其实，我们也常常使用军事名词来形象地阐述非军事的问题，我们不是说

中国科学院、高等院校、工业部门研究单位和由全国科学技术协会组织起来的广大群众是科学技术的四个方面军吗？那就从这点说起吧。类似中国人民解放军，我们也可把我国的科学技术队伍分成“军种”“兵种”。那是否可以说：中国科学院是一个“军种”，它结合综合性大学的理科和理工科大学，是分工搞自然科学、数学的基础研究和应用基础研究的；中国社会科学院是一个“军种”，它结合综合性大学和人民大学，是分工搞社会科学的基础研究和应用基础研究的。能否相应地说：工业部门研究单位，农业科学院，林业科学院，医学科学院，结合有关高等院校则是各应用基础研究和应用研究的“兵种”。全国科协组织起来的广大工农群众可以说是“民兵”了。这样的类比还引出又一个组织原则，一个“军、兵种”要有一个指挥机构，统一组织指挥该“军、兵种”的工作。所以中国科学院要统一组织指挥全国自然科学、数学的基础研究和与之联结的应用基础研究；中国社会科学院要统一组织指挥全国社会科学的基础研究和与之联结的应用基础研究；其他各“兵种”也要统一组织指挥其一个方面的应用基础研究和应用研究。全国科协也是一个指挥部。正如中国人民解放军的各军、兵种又受中央军委、国务院国防部统一指挥，全国的科学技术研究又由国家科学技术委员会（国家科委）统一组织指挥。为了结束我国目前科技工作分散、多头、各自为政的状态，我认为上述的严密组织指挥体制是值得考虑的。现有的科学技术管理机关则在上述上级指挥下进行基层指挥。

有了上述的科学技术的各级组织指挥机构，还得有“参谋”和“司令员”才能执行任务；他们就是科研系统工程的专业人员和专家，也正如军事参谋和军事司令员要熟悉并运用军事学一样，我们的科研系统工程专业人员和专家要熟悉并运用前面讲的科学学，包括科学学的三大分支，科学技术体系学，科学能力学和政治科学学。再如军事参谋和军事司令员一样，我们的科研系统工程专业人员和专家要熟悉“战例”，也就是过去在科学技术研究工作中各重大发展的实例。通过这些实例来了解科研的曲折道路，从中吸取组织管理科研的教训，总结组织管理科研的客观规律。

我上面讲的拿军事比拟科研是对的，并且得到了实施，那还得指出这样的科研的组织指挥技术还落后于军事的组织指挥技术大约一百年：近代军事组织指挥也大约在19世纪70年代在西欧各国相继建立起来了，而现代军事系统工程已经发展到应用博弈论，使用电子计算机来搞战术模拟了。这是从经验上升到理论，从粗糙的估计发展到数字的精确，科研系统工程要走到这一步还是明后天的事。但什么时候能建立研究科研策略的科学技术呢？现在客观的有利条件很好，运筹学的发展很快，有许多方法可以借鉴，特别是决策理论，还有军事系统工程可资借鉴，所以科研组织指挥理论的出现也许不要等到21世纪吧。

钱学森认为体现科研系统工程概念的现代科学技术研究组织是在欧美各国建立的所谓国家科学中心，如德国的汉堡德国电子同步加速器中心，美国的布罗克海文国家实验中心、费米国家实验中心、斯坦福直线加速器中心、剑桥国家磁铁实验中心等等。这类

国家科学中心都有一个很大的、固定的专业运转队伍，这是班底。

另一面又因为利用这些国家科学中心的设备的科学技术研究则是多变的。设备投资大，要充分发挥其效益，就安排多项研究，交替作实验。这样研究人员的队伍也就很大，齐头并进。这就是说研究队伍不能固定，而要轮流上实验中心。研究人员的流动性很大，甚至从一个国家到另一个国家。

这样的国家科学中心必须有一个坚强的组织指挥机构，不然千头万绪，搞不好浪费人力物力，发挥不了投资效益，过错不小！在国外一般采用的办法是有一个权威的学术委员会性质的领导组织。用钱学森所讲的名词，这个组织的成员就是科研指挥员了，是高级科研系统工程专家，他们是科学中心工作的决策者，辅助者是他们的“参谋”，即科研系统工程的专业人员。这些“参谋”们还要把决定下来的计划安排好，在需要临时调整时作必要的变动。

钱学森在《作为尖端科学技术的高能物理》(《光明日报》,1978 年 3 月 15 日)一文中曾就高能物理实验中心问题，描绘了在我国建立这种国家科学中心的图景，说明这样一个中心的研究范围将远远超出高能物理，旁及核聚变、激光、固体物理、材料科学、生物和医学，是地地道道的国家科学中心。他把国家科学中心的科学技术研究也称为尖端科学技术，意思是现代科学技术的前缘，是最能代表科学技术的现代化，也就是科学技术的社会化。

第十七章 钱学森社会科学技术思想

钱学森对广阔的社会科学领域有着深入的研究。他在构筑现代科学技术体系之初，就把社会科学作为现代科学技术体系中的一个大的科学技术部门，为我们广大社会科学工作者提供了广阔的探索和思考的空间。钱学森研究社会科学的最大特色是始终紧扣直接为社会主义现代化建设服务的主题。从1979年开始，他先后发表了《组织管理社会主义建设的技术——社会工程》、《用科学方法绘制国民经济现代化蓝图》、《从社会科学到社会技术》、《研究社会主义建设的大战略，创立社会主义现代化建设的科学》、《社会主义建设的总体设计部》等一系列研究社会科学的重要理论文章，为人们提供了大量的关于社会科学的新思想，新观点和新方法。

一、钱学森的社会科学技术观与建立开放的社会科学体系

钱学森在孕育现代科学技术体系的过程中和提出这个体系之初，就把社会科学作为现代科学技术体系的一个大的科学技术部门考虑了。他认为，自然科学源远流长，但只是到了15世纪后半期才开始形成以实验事实为根据的真正系统的自然科学。社会科学也渊源久远，历史唯物主义的产生是社会科学中的一次革命，它为各门社会科学奠定了科学的理论基础，并给各门社会科学以方法论的指导。社会科学的真正形成大约在19世纪中叶。一个多世纪以来，社会科学也得到了迅速发展。特别是自然科学技术的发展，对社会生活和社会科学的发展产生了深刻的影响。社会科学的分门别类的深入研究，以及各门社会科学史研究，特别是20世纪以来，社会科学在高度分化的同时，

也出现了互相渗透和趋向整体化。在此之前，科学技术就只有一个部类，即自然科学。1980 年，钱学森在《关于建立和发展马克思主义科学学的问题》一文中指出："社会科学通往马克思主义哲学的桥梁是历史唯物主义。"这就给我们广大的社会科学工作者提出了一项极其艰巨的任务，即如何按照钱学森现代科学技术体系的层次结构建立社会科学大部门自身的体系结构，也就是如何按照现代科学技术体系的基础科学、技术科学、工程技术三个层次建立社会科学体系。

钱学森在一次谈话中说："通常在人们的观念中，科学技术是不包括社会科学的，我想这个看法不一定合适。自从马克思主义的世界观——辩证唯物主义创立以来，大家就认识到，所谓科学就是对客观世界的规律性进行考察、整理，成为理论性的东西。客观世界包括自然界，也包括社会，所以我们就不能把社会科学和自然科学截然分开。"钱学森以自己研究系统工程为例，加以说明，"系统工程既要用自然科学的一套东西，如数学、电子计算机，同时也要用社会科学的成果。因为系统工程就是要研究怎样在最短的时间内，以最少的人力、物力和投资，最有效地利用科学技术的新成就，来完成某一项科研或建设任务。这就涉及社会科学问题。"

1982 年钱学森在《现代科学的结构——再论科学技术体系》一文中指出："社会科学研究客观世界的着眼点或角度是人类社会的发展运动，社会的内部运动；也研究客观世界对人类社会发展运动的影响，如环境、生态、能源、资源等。"他进一步完整地指出："所以可以说社会科学是从人类社会发展运动的着眼点或角度来研究整个客观世界的，社会科学通往马克思主义哲学的桥梁是历史唯物主义。"既然社会科学是现代科学技术体系中的一个科学部门，那么，它就具有科学体系的特征，即它也有基础科学、技术科学和工程技术 3 个层次。

钱学森在《组织管理社会主义建设的技术——社会工程》、《用科学方法绘制国民经济现代化蓝图》和《从社会科学到社会技术》等文章中阐明了以下一些观点。

(1)社会工程的对象和任务。我国进行四个现代化建设，应当运用现代化的科学方法。社会工程就是组织和管理社会主义建设的技术，是当代经济工作的一种新的科学方法。社会工程的对象不是一个工厂、一个企业、一个机构，不是指"小范围"、"小系统"这些微观经济运动，而是整个社会，整个国家范围的经济，即宏观经济运动。社会工程的任务是：①设计出一个好、快、省的全国长远规划和短期计划，提供党和国家领导审查。②在规划执行中根据实现情况。在不断出现的不平衡中，积极组织新的相对的平衡。③根据计划执行情况和政治、经济、科学技术的新发展，提出调整计划的意见。④总结实践经验，向党和国家领导提出改善生产关系、上层建筑和各种制度的建议。总之，社会工程的任务在当前就是为我国实现四个现代化，用科学的方法设计经济建设的蓝图。

(2)社会工程是从系统工程发展起来的，是社会系统工程。在我们这样的社会主义国家，把系统工程运用到整个社会主义建设，就是社会系统工程，简称社会工程。它是系统工程范畴的技术，但不只是大系统，而可以称作是"巨系统"，是包括整个社会的宏观经济系统；它不是一个均匀的组织，而是分成内部关系比较紧密的、相对独立的部门，也有隶属分层的结构，所以是一个复杂而又高级的系统。社会工程也因此是比较艰深的一门

系统工程，要用科学方法改造客观世界，组织、计划、规划、管理整个社会主义建设；它综合了一百多年来马克思主义社会科学发展的成果，综合了近半个世纪自然科学技术发展的成果，并吸取了近二十多年电子计算机发展成果才成立的。社会工程除了需要它的工具理论，即运筹学和控制论以外，更需要依靠社会学、政治经济学、部门经济学和技术经济学等，以及一些有关的新学科，如科学学、未来学。

建立一个开放的社会科学体系，不仅是当代社会科学发展的趋势所要求的，而且是我国改革开放和社会主义现代化建设的实践提出的紧迫任务。经济体制的深化、政治体制改革以及当前讨论的社会文化体制改革等本身就是社会科学面临的一个重要的多学科的综合性研究课题。它要求突破一系列的传统观念，要求人们按照马克思主义的基本原理，重新认识社会主义社会，探索出一条符合中国实际的发展道路，要求人们树立新的价值观、发展观、荣辱观、道德观，改变人们的社会生活方式，改变整个社会的结构。这些都要求社会科学研究提供新的理论、新的方法和新的社会生活组织准则。

社会主义现代化建设必须保持科技、经济和社会协调发展，这需要社会科学、自然科学、技术科学进行密切的有效合作，才能取得整体最好效果。

钱学森认为，社会系统是最复杂的系统，组织管理社会系统的技术，就是社会系统工程或复杂巨系统工程。当然，这也是由于有了综合集成方法，使我们能从整体上研究和解决社会系统问题，因而才有了这项复杂的社会技术。落实科学发展观所需要的系统工程，就是社会系统工程。

社会系统不仅有自然属性，还有社会属性和人文属性。研究这个系统既需要自然科学，也需要社会科学、人文科学，特别需要把它们综合集成起来，才能全面、深入地研究解决社会系统问题。从综合集成方法和社会系统工程特点来看，它可以用来研究和解决这类问题，如信息网络安全问题。大家知道，以计算机、网络和通信为核心的信息技术革命，开创了人类历史上人－机结合与人－网结合的新型网络社会形态，原有的社会形态的（经济的、政治的、意识的）各种问题，都将通过人－机结合与人－网结合反映到网络社会形态中来，而且在网络社会形态中还会涌现出原来所没有的新问题，如网上意识形态斗争问题。实际上，信息网络加用户是个开放的复杂巨系统。信息网络安全和网上斗争问题，就是这个开放的复杂巨系统中的安全和斗争问题。它不仅有技术层面的问题、社会层面的问题，还有人－机结合与人－网结合层面的问题，这是一类新型的安全问题。如果我们还沿用传统思维方式、研究方式和管理方式，是不可能从根本上解决问题的。从我国实际情况来看，也说明了这个问题，这就需要有新的思路和方法。从研究角度来看，仅靠自然科学技术或社会科学、人文科学都难以处理这类问题，需要的是把它们综合集成起来，对网络安全的战略、对策、方案，措施等进行系统研究。这就需要综合集成方法并用社会系统工程去组织实施，而不是部门分割，各行其是。

二、社会科学与自然科学综合化思想

1980年，钱学森在全国第一次科学学学术讨论会召开前夕的谈话中说："自然科学和社会科学要结合。它们之间要有联系，要结合。现代科学技术这个词里应该包括社会

科学，从社会科学到社会技术，产生社会工程即对社会进行设计。这从道理上是说得清楚的。例如，哈佛大学有一位政治学教授，同时也是一位数学家，他用数学的方法阐明一些社会现象。社会科学理论上的发展要运用自然科学的成果，例如系统工程，自然科学发展也离不开社会科学理论。”“希望科学学研究工作者在马克思主义理论水平上有一个大大的提高。中国科学技术工作者应当信奉马克思主义，要把哲学和自然科学融会贯通起来，这是中国科学家的责任。”（《科学学与科学技术管理》，1981 年第 1 期）

1985 年年初，钱学森与我国著名经济学家薛暮桥就自然科学与社会科学的结合问题有一次重要谈话。《瞭望》周刊在发表这次谈话内容时加的编者按说：“运用数学模型进行经济研究，是自然科学与社会科学相结合的新尝试。我国两位不同领域里的著名科学家的这次对话是偶然的，但是他们所涉及的问题却包含着某种必然性——现代科学技术的高度分化又高度综合的发展趋势，使得自然科学与社会科学之间的渗透和融合在不断增强。自然科学的概念和方法逐渐深入到社会科学之中，成为社会科学研究工作的重要手段。社会科学的研究成果对自然科学的发展也有着愈来愈直接的影响。因此，没有哪一个学科能够独立解决现代社会所提出的任何复杂课题。在这种情况下，自然科学与社会科学之间的对话，就成为一种历史的必然。”

历史赋予社会科学新的发展机遇，历史也对社会科学提出严峻的挑战。社会愈是进步，赋予科学的使命愈是繁重。当今世界科学技术已经全面进入经济建设的主战场，各国综合国力的竞争集中体现在科技实力的较量上，自然科学、工程技术水平代表着一个国家的基本实力。社会科学则反映出一个民族理性思维的发展路径，成为衡量该民族理性思维水平和文化素质高低的重要尺度。尤其是在当代，经济问题、社会问题、环境问题日益突出，社会科学以其广泛的参与性显示出巨大的社会功效。以自然科学和社会科学综合而派生出的管理科学、决策科学、未来学、科学学，在直接参与国家和地区的经济发展方面显示出日益重要的作用。社会化大生产，社会活动复杂化，社会各个子系统联系的日益紧密，决策的多目标，使社会科学日益担当着“思想库”、“政策储备”、“智囊团”的功能。现代科学发展告诉我们，自然科学和社会科学已经走向相互融合、相互渗透的道路。大到一个国家、一个民族的经济与社会发展，小到一个企业、一件产品的生产，都包含着自然科学与社会科学的贡献，社会作为一个整体，全面进步和可持续发展已经离不开自然科学和社会科学的协力配合。自然科学需要有社会科学的加盟，社会科学同样有赖于自然科学的支持。自然科学不仅为社会科学的进步提供科学证实和研究工具，而且，它和社会科学的相辅相成，会迸发出人类思想的火花。

钱学森认为，社会科学与自然科学的相互撞击与融合，已经成为现代科学的必然趋势。这种趋势一方面表现为社会科学与自然科学、技术科学的相互交叉渗透与综合。当代任何重大的科学技术问题、经济问题和社会问题，诸如社会发展与国民经济规划和计划的制定，社会发展预测，科学技术发展规划和政策的制定，环境、能源、资源、人口、交通、城市等问题的解决都要求自然科学、技术科学和社会科学综合成为一个创造性的知识整体。另一方面，它还表现为各部门科学学科的相互交叉和渗透。当前社会科学的学科数量不断增加，不仅导致专业的深化，而且引起各门社会科学界限的不断变化，交叉学

科、综合学科、综合性的研究课题不断出现。这两方面的情况结合在一起，使跨学科性与多学科性综合研究及其成果的广泛应用，成为当代社会科学发展的主要特征之一。

1988 年，钱学森在中国科学技术协会成立 30 周年纪念大会上指出，展望 21 世纪的科学技术发展，人们有理由期待"它是自然科学与社会科学和哲学相统一的科学技术。世界经济科技竞争将在一定意义上转化为经营思想、发展战略和科学决策的竞争。谁在哲学思想、领导艺术和科学决策上占优势，谁就占领了战略的制高点，就会赢得竞争，取得胜利。人们有理由期待一个理性的时代会在人类的进步发展中产生。在这个时代中，不仅是存在决定意识，而且人类的高尚思想追求将影响世界"。

三、引入自然科学的理论与方法，社会科学的定量化和精密化思想

从哥白尼(Nicolaus Copernicus，1473 – 1543)开始，近代自然科学以天文学、物理学为先导，获得了前所未有的飞跃。近代自然科学的崛起，特别是现代科学技术的革命，把社会科学抛到了后面。应当承认，相对于自然科学来说，现代社会科学(包括哲学和人文科学)确实落后了很多。因此，为了现代科学技术的整体协调发展，社会科学还需要自然科学的"提携"。像贝尔纳、库恩、波普尔等一些国际著名的科学史学家和科学哲学家，他们都认为社会科学尚处于"前科学"时期。我们姑且先不评论他们的看法是否正确，但也不可讳言，目前社会科学的某些学科，确也实难堪称科学之美名。马克思就曾说过："一门科学只有当它成功地运用数学时，才算达到真正完善的地步。"(拉法格：《回忆马克思》)

在 20 世纪 50 年代中期，钱学森就努力把运筹学等现代科学技术方法运用到国民经济的建设当中，大力向社会科学界宣传现代科学技术的新成就。1958 年 4 月，他在中国科学院哲学社会科学学部扩大会议上的讲话，建议广大社会科学工作者要注意边缘学科问题，并设想把现代科学技术，特别是数学方法引入社会科学的研究和社会主义国民经济以及企(事)业单位的管理工作中去。这给我国老一代社会科学工作者留下了深刻的印象。钱学森认为，数学化、模型化和精密化是当代社会科学的发展趋势。随着社会科学的发展，应该大规模地运用自然科学并使之精密化的公共科学方法，如数学方法，以及控制论、系统论、信息论等。社会科学研究应用数学模型，不但对社会过程进行数学模拟，从而提高了社会科学研究的效率和质量，并且使社会科学研究领域在一定意义上也获得了"实验"手段。社会科学在一定意义上也逐步地具有像自然科学一样的"硬"科学的性质。

强调社会科学的数学化和精密化，丝毫不意味着否认或轻视在社会科学研究领域中定性分析、分析判断的重要性。定量分析要依赖于定性分析。

1981 年 5 月，钱学森在中国科学院第四次学部委员(院士)大会上的发言中谈到："我 1955 年回到祖国以后，对自然科学与社会科学交叉这个问题一直有一个想法，就是相信精确的自然科学方法的威力。我曾提出把社会、经济问题精确化。从我的经验来说，用精确的现代科学技术改造客观世界的威力是无穷的。我的经验局限于航空、航天技术。那时碰到的问题很多，但是由于采用了科学方法，所以问题全部解决了。刚回国，

为了建设社会主义，信心很强，认为没有什么解决不了的问题。那时有个粗浅的认识，我们是社会主义国家，不像西方资本主义国家带有很大的盲目性。但到底如何做，我不是搞这行的，还要从头做起，学一点东西。我觉得现在条件已经完全具备，在理论上我们有数学方法，又有计算工具——电子计算机，问题就好解决了。如果没有计算机，要想精确化，是很难的。"

钱学森当时还提到有关情报资料和数据的收集传输问题，现在看来，已经比较好地解决了，不应该是实现社会科学精确化的障碍问题了。用钱学森的话说："总之，各方面条件已经基本具备了，主要是组织方面的工作，目前的问题千头万绪。要进行这个方面的研究，需要大家一致努力。我是有信心的。人家说我是力学工作者，我说那是从前的行业了。同志们谈到自然科学与社会科学的交叉，管理科学、未来科学及其他交叉科学，我看都对，而且我认为现在我们所说的自然科学与社会科学交叉的学科，再过一段时间真正工作起来，就不是这个样子了。搞社会科学的已广泛采用了自然科学方法，例如计算机和数学方法，这样社会科学就变了，不是现在社会科学这个样子了。而搞自然科学的也已习惯同国民经济的发展结合了，也用不着什么渗透、交叉了。"

20 世纪 80 年代前期，钱学森在中央党校一次报告中提出："我们在解决社会主义现代化建设中的问题的时候，能不能、要不要用自然科学方法，特别是定量的数学方法？我以前曾经建议：社会科学要从社会科学走到社会技术，就是像自然科学走到工程技术一样。应用社会科学，要像工程技术设计一个新的建筑一样，科学地设计和改造我们的客观世界。"（《论系统工程》，483 页）他专门用一节的篇幅介绍了自然科学方法中的运用、实验方法的使用情况等。最后他指出："虽然社会科学不能像自然科学那样，做各种各样的实验，但也没有把现代人难住。我们可以像自然科学中那样，用现代科学的方法来处理、研究社会科学的问题，其中包括定量的数学分析的方法。"（《论系统工程》，486 页）

钱学森在一次谈话中说："从社会科学本身的发展来看，现在已经不能停留在定性的论述，还要定量，要用数的概念来分析社会现象。譬如目前大家都在讨论的我们国家的经济体制问题、经济结构问题，在讨论时，遇到一个很大的困难，就是统计数字不够。我们要处理大量的数据，找到它们内在的关系，把数学的理论、方法，运用到具体的经济计划、经济管理当中去。一些非常复杂的数学关系，还要用电子计算机来处理。"

20 世纪 80 年代中期，钱学森在中央党校的一次报告中提出这样一个问题：现代科学技术能不能为科学的社会科学研究提供一些有用的东西？他说："自然科学从 16 世纪开始，经过我们讲的近代科学技术 400 年的发展阶段，到 100 多年来现代科学技术的发展阶段，我们对自然界的认识已经达到相当高的水平，我们可以利用自己掌握的自然的规律来改造世界，并预见很多自然现象。对自然界这个客观世界来说，我们已经不那么被动了，我们已经从必然王国能动地朝着自由王国迈进。我们有必要研究总结一下，将近 500 年的科学技术的发展历史，看一看有哪些东西可以借鉴到科学的社会科学的研究和发展中去。现在，我们国家已经成立了中国社会科学研究院。我们还有一个中国科学研究院。中国科学研究院是研究自然科学的，中国社会科学研究院是研究社会科学的。现代科学技术所用的这些研究手段、方法，特别像电子计算机这个工具，能不能够应用于社

会科学的研究？能不能够为社会科学研究和发展提供一些值得参考的东西？自然科学相对而言，发展得早一些，科学的社会科学一直到无产阶级出现在历史舞台之后才开始出现。我们社会科学怎么样能够更快的发展，我想是很值得研究的一个问题。在这方面，自然科学是不是能提供我们一些参考呢？"

中国软科学研究会理事长、全国人大常委会副委员长成思危教授推崇钱学森关于自然科学与社会科学正在实现一体化的观点，称钱学森提出的"从定性到定量综合集成方法"是迄今为止最值得重视的方法。

第十八章 钱学森社会主义建设的体系结构

为了树立高尚而远大的理想，我们首先必须加强理论修养，加强理论创新，把理想和信仰建立在科学理论的基础之上，用科学的理论来指导我们的实践，总结我们的经验。这是我们的理想能否实现的根本保证。同时，我们还应该认清当前世界发展的总体趋势，使我们的理想不致脱离实际，而能面向世界，跟上时代的潮流，适应我国社会主义建设的需要。钱学森在这方面作了长期的深入探索，并取得了丰硕的成果。

一、关于社会主义建设的体系结构

钱学森已不仅仅是一位著名的科学家，更是一位伟大的思想家。他的研究领域已远远超出了力学、航天等范围。从 20 世纪 70 年代后期以来，他一直致力于研究我们社会主义建设中的问题，并提出了建立社会主义建设体系结构的思路。

从实践的角度来看，保证社会主义建设协调发展的就是社会系统工程。从改革和开放的现实来看，不仅需要经济系统工程，更需要社会系统工程。钱学森运用整体观和系统思想考察社会时，明确提出一个社会或国家是一个开放的特殊复杂巨系统，即社会系统。这样来认识社会，是对社会实际的一种科学概括。有了这样的概念，就为应用系统科学和系统工程来研究和解决社会问题开辟了一条新的途径和方法。

1979 年，钱学森等发表了《组织管理社会主义建设的技术——社会工程》，到了 20 世纪 80 年代中期，他又在《新技术革命与系统工程》、《研究社会主义大战略，创立社会主义现代化建设的科学》等报告和文章中，根据社会形态的概念，从整体上来研究社会主义建设的组

织管理问题，提出了我国社会主义建设的系统结构。到了20世纪90年代初期又有了新的发展，特别是在《我们要用现代科学技术建设有中国特色的社会主义》一文，他的这些思想表达得更为完整。

社会形态这个概念是马克思首先提出来的，它是一定历史时期社会主义经济制度、政治制度和思想文化体系的总称；是一定历史阶段，生产力和生产关系，经济基础和上层建筑的具体的、历史的统一。钱学森认为，把社会形态概念和社会系统结构结合起来，尽管社会系统很复杂，"但从宏观角度看，这样复杂的社会系统，其形态，即社会形态最基本的侧面有三个，这就是经济的社会形态、政治的社会形态和意识的社会形态"。社会形态的三个侧面是相互联系、相互影响、相互作用的，从而构成一个社会的有机整体，形成了社会系统结构。

经济的社会形态是指经济制度，包括生产方式、经济体制等；政治的社会形态是指社会政治制度，包括国家政权性质、管理体制、法律制度等；意识的社会形态是指思想文化体系，包括伦理道德，以及哲学、科技、文学艺术、教育、宗教等。经济的社会形态是基础，它决定了政治的社会形态和意识的社会形态。意识的社会形态不仅受经济的社会形态的影响，还要受政治的社会形态的制约。同时，意识的社会形态对经济的社会形态和政治的社会形态又有相对独立性和能动的反作用。政治的社会形态对经济的社会形态有强大的反作用。

从社会进步和发展角度来看，社会形态的三个侧面都处在不断运动和变化之中，而飞跃式的变化，就是我们通常说的革命。钱学森指出："经济的社会形态的飞跃就是产业革命，政治的社会形态飞跃是政治革命，意识的社会形态飞跃是文化革命。社会形态的变化、飞跃就是社会革命，但社会革命可由不同侧面引起，而且具有不同性质，产业革命、政治革命和文化革命都是社会革命。"人类社会发展，从原始社会、奴隶社会、封建社会、资本主义社会、社会主义社会直到共产主义社会，都是从政治的社会形态来说的。

相应于社会形态的三个侧面，从社会发展和文明建设来看也有三种文明建设：这就是相应于经济的社会形态的经济建设，即物质文明建设；相应于政治的社会形态的政治建设，即政治文明建设；相应于和意识的社会形态的思想文化建设，即精神文明建设。钱学森结合我国实际情况，从总体上提出了一个清晰完整的社会主义建设的体系结构：①社会主义物质文明建设，包括经济建设和人民体质建设。②社会主义政治文明建设，包括民主建设、体制建设和法制建设。③社会主义精神文明建设，包括思想建设和文化建设；这就是我国社会主义文明建设的三个方面。鉴于国家和社会发展，还要受到所处地理环境的影响，这也就是系统科学中的系统与其环境的关系。社会系统环境是地理系统，为使社会系统和地理系统协调发展，必须进行地理建设。④为此，他又提出了社会主义地理建设，包括环境保护、生态建设和基础设施建设。概括起来，我国社会主义现代化建设包括了上述社会主义三个文明建设和地理建设四大领域，九个方面的社会主义建设（如图18－1所示）。在这九个方面中，科技经济建设是中心，这也符合邓小平同志提出的经济建设为中心和科学技术是第一生产力的思想。钱学森认为社会主义建设的各个方面又必须协调发展，不要丢掉任何一个方面，才能获得高的效率。为此，钱学森提出建

立专门从事这项工作的社会主义建设总体设部。

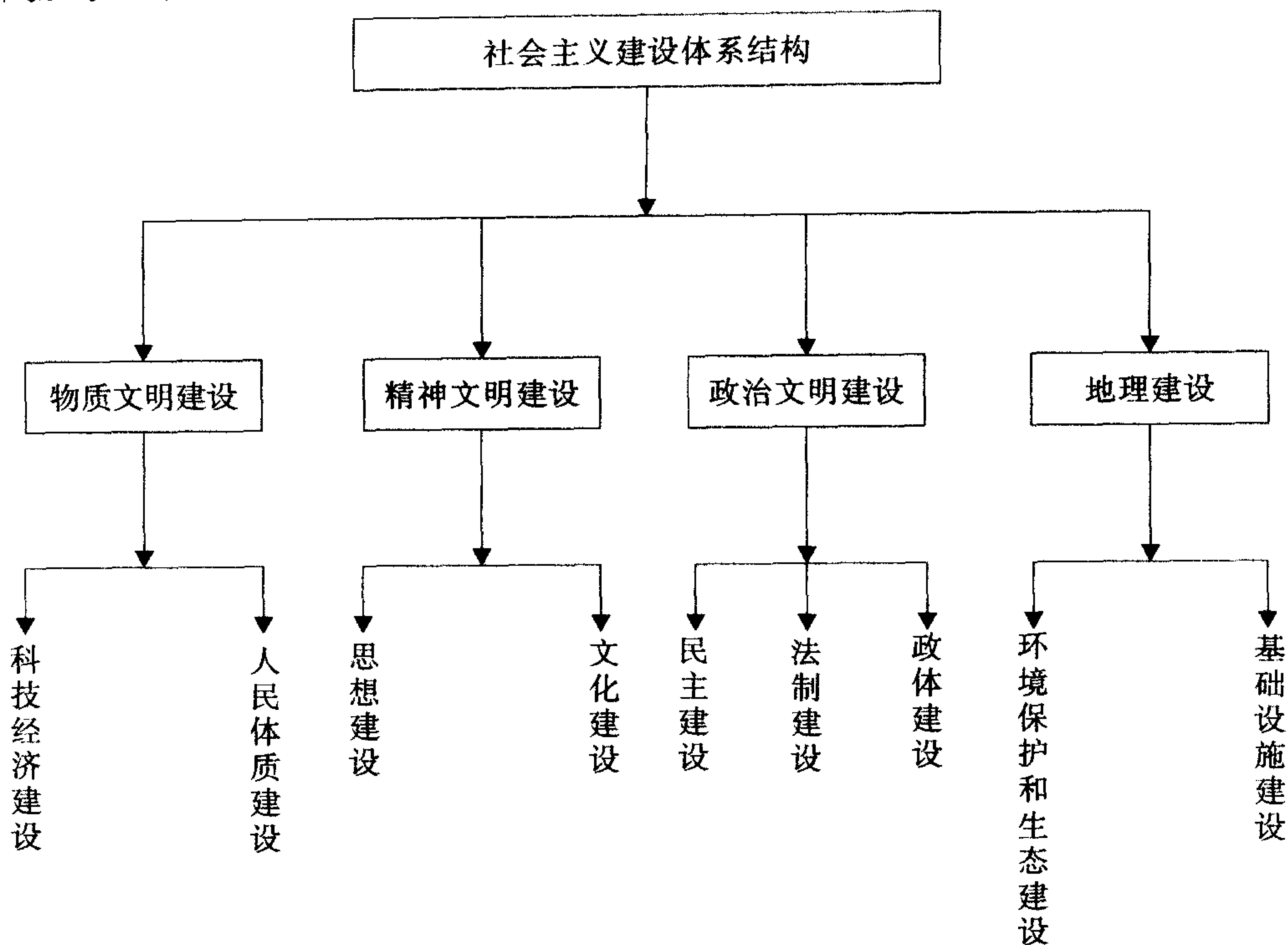


图 18－1　社会主义建设体系结构

由于社会形态三个侧面的相互关系，也就决定了社会主义三个文明建设之间也是相互联系、相互影响、相互作用的。物质文明建设是基础，决定和制约着政治文明建设和精神文明建设，同时，政治文明建设和精神文明建设对物质文明建设又能产生巨大反作用，它既可以起推动作用，也可以起阻碍甚至破坏作用，它们是物质文明建设的精神动力，并决定着物质文明建设的方向和速度。地理建设是为社会主义文明建设提供持续和稳定的物质基础和优良的环境条件，也就是当今人类共同关心的持续发展问题。

从系统观点来看，系统组成部分以及与其环境之间只有相互协调，才能获得最好的整体功能。从这个意义上说，社会主义三个文明建设以及它们和地理建设之间，必须协调发展，形成良性循环，才能使我国社会主义建设的速度更快、效率更高、效益更好。反之，如果不能协调，那么社会主义建设事业就会受到影响，甚至造成巨大损失。在我国社会主义建设过程中，已有大量事实证明了这一点。我国的改革开放，从根本上来说，就是改革那些影响四大领域或九个方面建设以及它们之间不能协调发展的体制机制和组织管理，因此可以说，改革开放就是强国之路。

这样看来，实践向我们提出了一个十分重要的问题，就是如何才能使四大领域或 9 个方面建设协调发展。这里既需要科学理论又需要实践技术。当然，首先是马克思主义哲学的指导作用，马克思主义哲学是指导我们思想的理论基础。此外，还需要现代科学技术体系所提供的全部知识，还要处理和解决至今尚未认识的新问题。我们要在马克思主义哲学指导下，综合运用现代科学技术体系全部知识以及有用的经验知识，去进行我

国的社会主义现代化建设，这是科学发展观赋予我们的重大历史使命。

从实践角度来看，四大领域或九个方面建设，是变革和建设社会与环境并使它们之间协调发展的伟大实践。这是一项极为复杂的规模宏大的工程，既然是工程，是改造客观世界，这就不仅需要理论，还需要可操作的技术。1980 年，钱学森曾指出："我们可以把完成上述组织管理社会主义建设的技术叫做社会工程，它是系统工程范围的技术，但范围和复杂程度是一般系统工程所没有的，这不只是大系统而是巨系统，是包括整个社会的系统。"这里所说的社会工程就是社会系统工程。社会系统工程是组织管理社会系统，以使四大领域、9 个方面建设协调发展并取得长期的最好的整体效益的工程技术，也是一项复杂的社会技术。

今天，在总结我国 50 多年社会主义建设的经验和教训之后，人们终于认识到中国社会主义建设是一项巨大和极为复杂的社会系统工程，改革开放也是一项庞大而复杂的社会系统工程。改革开放以来，我们取得了巨大成就，但也出现过"一手硬，一手软"的问题，经济、教育、科技文化和政治体制改革还不配套，部门之间还有不协调等等，都说明改革开放需要社会系统工程。社会系统工程绝不仅仅是个概念问题，它对我国的改革开放和社会主义现代化建设具有重要的现实意义。

面对越来越复杂的的世界，现代科学技术的发展已经进入了以若干单项技术单一学科领域理论突破为支撑，综合集成为主要创新手段，社会化、高度社会化研究为主要组织形式，复杂高新技术工程系统、科学新思想与新理论的突破，建立与运用的科学管理为突出特征的新时代。新的时代需要更加重视新型的综合型科学技术人才的培养与合理使用；新的时代，高新技术产业化的可持续发展与科学新思想、新理论的突破与运用关系到国家的前途和命运。因此，更加需要现代科学思想，特别是现代管理科学、系统科学、复杂性科学与马克思主义哲学的理论指导。国家在重视技术创新的同时，应采取相应的措施，加大推进体制创新与理论创新的研究力度，进一步提高对社会主义建设事业的宏观指导力度。

二、建设和管理国家的科学——社会主义国家学

钱学森 1982 年在中央党校的报告中、1985 年在总参谋部举办的领导科学研究班的讲演里，以及 1987 年在"吴玉章学术讲座"上发言等，都阐述了"国家的整体功能以及改革的整体性"问题。他认为国家的功能是一个整体，要全面地讲，大概可以分为八个方面的功能。

第一个功能：物质财富的生产事业。物质财富的生产是国家功能的根本。没有物质财富的生产，人民无法生活，其他一切也都谈不上。因此，它是国家的基础，即我们所说的第一、第二产业。

第二个功能：社会主义精神财富创造事业。社会主义精神财富创造事业有它特殊的地位和重要性。它是社会主义建设非常重要的一个方面，包括科学技术、文化教育、文学艺术、情报信息事业、图书出版事业、广播电视业、体育事业、展览馆等等，或者叫文化建设。

第三个功能：社会主义的服务事业。它是为物质财富的生产和精神财富的创造作后

勤保障工作的服务事业。这项事业大致相当于国外的所谓"第三产业",包括所有的商业、服务业、通信、交通等等。人们对这项事业的重要性的认识正在提高,逐步地认识到它是我们整个国家功能结构体系里面的后勤部门,没有它,其他的功能就无法发挥。

第四个功能:政府行政组织管理。最主要的就是在微观搞活的基础上,政府的行政组织管理是宏观的控制和调节。在国家的功能机构中,还应该有一个常设的国家体制的研究设计单位,即总体设计部,经常研究这个问题,并且及时的提出建议和方案。

第五个功能:社会主义的法制体系。这方面我们要做的工作很多。建立社会主义法制这是一件很大很大的事情,包括法律、立法机构和执法机构,各级公安部门、检察院、法院等。

第六个功能:国际交往事务。包括国际事务、外交、人民团体的往来,也包括国际贸易、文化、旅游等友好往来。国际交往应该是全盘的考虑,不能分散地考虑。

第七个功能:国防事业。它包括人民军队,国防科学技术的研究机构,国防工业和军队院校。这些都是由中央军事委员会直接领导的。

第八个功能:国家的环境管理。我们生活的环境非常重要,这件事现在重视得还不够。环境管理包括生态平衡、环境保护、地质、气象、地震、海洋以及废旧物资的回收利用等。

钱学森认为,上述国家功能的八个方面,就是我们要研究和创立社会主义现代化建设的科学。国家功能的八个方面,每一个方面都是一个复杂的多级系统,都要建立各自的系统工程;同时,也要创立相应的理论科学作为它们的基础。

钱学森指出,每个方面不能孤立地开展工作,而要协调起来。组织协调得好,国家功能所发挥的总的效率才会高。不然的话,会有矛盾。这样一门组织协调国家功能各个方面的总学问,是不是叫社会主义国家学?我们社会主义国家要科学地来管理,这就是一个很大的科学体系,是把社会科学、自然科学综合起来,应用到建设社会主义现代化的国家中去。这是要大家努力去干的一件很大的事情。

钱学森还指出,每一个方面的功能都要建立像系统工程技术那样的为改造客观世界的一套技术,然后又有这一套技术背后的、为它提供理论根据的技术科学,这些技术科学再总起来作为社会主义的国家学。这个体系就是我们社会主义现代化建设的科学(见表18-1)。这样的提法,总的意见就是说我们面临了这么一个重大任务,我们一定要用马克思主义哲学作指导,采用科学的方法,努力从必然王国走到自由王国。我们相信这是可以做到的,因为世界上只有没有被人所认识的事物,而没有不可以认识的事物。我们认识到一定程度,就可以总结上升为理性认识,成为学问,成为用定量的数学方法所建立起来的科学的学问。那么建立社会主义现代国家这个问题也必然是这样,也可以建立科学的学问。

表 18－1　社会主义国家学的体系结构

<table>
<tr><th>国家功能部门</th><th colspan="2">组织管理的技术科学</th><th>组织管理的工程技术</th></tr>
<tr><td>1. 物质财富生产</td><td colspan="2">技术经济学
数量经济学
工业经济
农业经济、农事学</td><td>工程系统工程
企业系统工程
农业系统工程
……
计量系统工程
标准系统工程</td></tr>
<tr><td>2. 精神财富生产</td><td>教育学
科学学
文艺学
体育学
情报学
新闻学
科普学
美育学</td><td>文化学</td><td>教育系统工程
科研系统工程
文艺系统工程
体育系统工程
情报系统工程
……</td></tr>
<tr><td>3. 服务业</td><td colspan="2">商学、运输科学等</td><td>各有关系统工程</td></tr>
<tr><td>4. 行政</td><td colspan="2">行政学</td><td>行政系统工程</td></tr>
<tr><td>5. 法制</td><td colspan="2">法学</td><td>法制系统工程</td></tr>
<tr><td>6. 国际交往</td><td colspan="2">外交学
国际经济</td><td>……</td></tr>
<tr><td>7. 国防</td><td colspan="2"></td><td>军事技术、军事系统工程</td></tr>
<tr><td>8. 环境保护</td><td colspan="2">环境科学
……</td><td>环境保护系统工程
……</td></tr>
<tr><td>9. 其他</td><td colspan="2">……</td><td>……</td></tr>
<tr><td>基础科学</td><td colspan="2">技术科学</td><td>工程技术</td></tr>
</table>

第十九章 钱学森论社会主义三个文明建设

钱学森在《求是》杂志 1988 年第 9 期上发表了长篇论文《建立意识的社会形态的科学体系》，明确提出"建立宏观的意识社会形态学科——精神文明学"。接着在《政治学研究》1989 年第 5 期上联名发表了《社会主义文明的协调发展需要社会主义政治文明建设》长篇论文，从社会形态和开放的复杂巨系统的角度，论述了社会系统。指出，任何一个社会的社会形态都有三个侧面：经济的社会形态、政治的社会形态和意识的社会形态。钱学森又进一步提出把社会系统划分为社会经济系统、社会政治系统和社会意识系统三个组成部分。相应于三种社会形态应有三种文明建设，即物质文明建设（经济形态）、政治文明建设（政治形态）和精神文明建设（意识形态）。社会主义文明建设应是这三种文明建设的协调发展。特别是政治文明建设是钱学森在当时社会背景下思考的问题之一，并在各种场合就此发表了许多想法，上述两文是这些想法的集中概括，也是这一时期理论思考的系统化。值得称道的是在钱学森提出加强政治文明建设的 12 年之后，"政治文明"这一概念，郑重地写入了我们党的"十六大"报告。第一次把 1982 年 9 月党的十二大明确的"两个文明"建设，改为"三个文明"建设。充分显示出钱学森的政治远见和对政治理论的预见性。

一、关于建立精神文明学

钱学森提出建立意识的社会形态的科学体系的依据是马克思主义的学说。他认为马克思曾创立并使用了社会形态这个词来描述一个社会在一定时期的结构和功能状态。马克思还把社会形态的经济侧面称为经济的社会形态，而研究经济的社会形态的学问就是政治经

济学，马克思的名著《资本论》就是研究经济的社会形态的划时代贡献。社会形态还有其他侧面，有政治的社会形态，研究政治的社会形态的学问是政治学，这在目前研究得还不够。还有一般笼统称为思想意识，而应该确切地称为意识的社会形态，对此研究得就更不够了，可以说连学科的名称都不清楚。这是一个亟待解决的问题。

钱学森同时也提出要重视研究意识的社会形态，特别是在我国当前和今后一个时期的意识的社会形态问题，要建立意识的社会形态的科学体系。这是从我们国家的现实、世界的现实，从历史的经验和着眼未来的发展出发的。

他还结合我国社会主义初级阶段的根本任务，从生产力、生产关系，上层建筑的因素作了深刻剖析，指出了研究意识的社会形态的必要性。他强调："人是生产力中最重要的因素，最活跃、最革命的因素。人的作用能否充分发挥出来，发挥得如何，关键在于人的素质，人的思想文化水平。"(《创建系统学》，138 页)"而一个国家科学管理、科学决策的水平，也是与科学文化水平联系在一起的。经济、政治的民主化进程，也是与科学文化的发展进程同步的。靠特权、靠不正当的关系，只会阻碍、破坏生产力发展。"(《创建系统学》，139 页)

钱学森针对当时人们虽然很关心意识的社会形态问题，但由于受过去思维概念和思想习惯影响，有些人把"文明"和"文化"混为一谈的情况，因此提出建立一门宏观的意识社会形态学科——精神文明学。他说："要真正用马克思主义哲学观点和方法来研究意识的社会形态问题，应该建立起研究意识社会形态的科学体系。它首先是一门宏观的、综合的、高层次的学科，要全面考察意识社会形态的发展演变，是一门意识社会学，我们建议称之为'精神文明学'。"接着他就指出了精神文明学所研究的对象。他说："精神文明学研究人的意识形态，思想文化发展的规律。研究怎样把社会主义的科学文化推向一个新的历史阶段。社会上有些阴暗面，随着人们思想文化水平的提高，会自然消灭。所以对存在的许多问题本身并不可怕，可怕的是我们不认识，不清楚，不知道怎么去消灭它。而精神文明学应该研究这些问题，这就是它的重要性。"(《创建系统学》，143 页)

钱学森通过对国外情况的研究，介绍说，他所称的精神文明学，在国外往往称为"文化学"，其研究主要有两种模式：一种是西方资本主义国家的理论模式，主要是从人类学、哲学人类学的角度研究文明、文化，从文化起源、文化发展史角度研究文化，从各民族的文化特点、不同文明类型的比较角度研究文化现象。主要理论形态是文化人类学，文化哲学人类学。这种学说在西方可以说源远流长，名家、著作也很多。他们对文化本质、文化类型、文化发展的规律，文化比较研究的方法等，作了许多有益的探索研究。它的一个特点是文化、文明不分，而且具有很浓的人本主义色彩。另一种是苏联和东欧国家的文化学说，叫作马克思列宁主义文化理论，主要研究马克思列宁主义学说中的文化理论。后来又发展到从哲学层次研究文化现象，叫作文化的哲学。20 世纪六七十年代苏联发表了许多研究文化哲学的理论文章，哲学教科书中也增添了专论文化的章节。也有用现代系统方法研究文化艺术的系统结构的。随着苏联对人的问题研究的重视，也出现了关于人的研究和文化研究合流的现象。

在谈到近代以来中国的情况时，钱学森认为，在我们国家则可以说从鸦片战争、五四

运动以来，许多人研究"文化地理"走的是中西文化比较学的路子，很多人的动机是想寻求一条救国救民的道路，但也有两种极端倾向。一种是儒学复兴说，或者叫新儒学、现代儒学。这在东亚一些国家、地区很流行，认为这些国家的兴起主要靠儒家学说的复兴。现代新科技革命的爆发，又使一些人认为现代科学回到了东方的神秘主义。他们不懂得现代科学，特别是现代系统科学所揭示的系统整体思想，把它看作向古代东方朴素直观整体观的简单回复，而不是在现代科学技术基础上向系统整体观更高阶段的发展。他们不懂得基本粒子世界的理论，把它简单等同于老子的"道"，佛家的"无"。我国"文化大革命"后，随着人们对批孔运动，有些人也从一个极端走到另一个极端，又把儒家捧到了天上，认为复兴儒学就能振兴中华。与儒学复兴说相对立的另一种极端论点是全盘西化说，或者叫彻底重建论，认为儒家学说全是糟粕，中国传统文化无可取之处；认为中国之所以几百年来落后，主要是受中国传统文化的束缚，只有全部否定，彻底重建，把西方文化全部搬来，包括西方的经济制度、政治制度，彻底西化，走西方资本主义道路，才能振兴中华。他们忘记了中国近百来的历史教训。介于二者之间的还有两种观点，一种是所谓"体用说"，包括西体中用说，中体西用说；另一种是综合创新说，主张综合中外各种优秀文化来创建我们新文化。钱学森认为，全面综合归纳上述见解，去粗取精，扬弃升华，就可以建立一门阐明人类社会中意识的社会形态的发展规律的科学——精神文明学。精神文明学能搞清社会物质文明与社会精神文明的关系，从而预见未来。

钱学森还具体地指出了精神文明学的内容。他说："社会精神文明建设又大体可分为文化建设和思想建设两个方面。文化建设指的是教育、科学、文学艺术、新闻出版、广播电视、卫生体育、图书馆、博物馆等各项文化事业的发展和人民群众知识水平的提高，也包括丰富多彩的群众性的文化娱乐活动。思想建设的主要内容，是马克思主义的世界观和科学理论，是共产主义的理想、信念和道德，是同社会主义公有制相适应的主人翁思想和集体主义思想，是同社会主义政治制度相适应的权利义务观念和组织纪律观念，是为人民服务的献身精神和共产主义的劳动态度，是社会主义的爱国主义和国际主义等等。也可以这样讲：社会主义文化是社会主义精神文明的客观表现，社会主义思想是社会主义精神文明的主观表现。"

因此，钱学森认为："在研究意识社会形态的宏观基础理论、精神文明学之下，应该有两个方面的学问：一方面是研究思想建的，另一方面是研究文化建设的。社会主义思想建设的学问，我们认为属现代科学技术体系中行为科学这一大部门，包括思想教育的学问如伦理学、德育学、社会心理学、人才学，以及做具体思想教育工作的学问。当然，引导、控制人们行为的还有法学，那也属于行为科学。需要指出的是行为科学也属于研究意识社会形态的科学体系。"

谈到研究精神文明学的方法问题时，钱学森指出："我们有马克思主义的科学方法，也就是辩证唯物主义和历史唯物主义的方法，还有现代系统科学的方法。搞意识的社会形态科学必须要用辩证唯物主义和历史唯物主义的科学方法，以避开唯心主义和机械唯物论这两个泥坑。我们还必须用现代系统科学的方法，因为社会主义精神文明建设是一个极为复杂的社会系统工程，人类社会系统是一个开放的复杂的巨系统。而意识的社会

形态是这个社会复杂巨系统中的一个有机组成部分，它和经济的社会形态、政治的社会形态密切联系在一起，组成一个社会整体。”（见图 19－1）

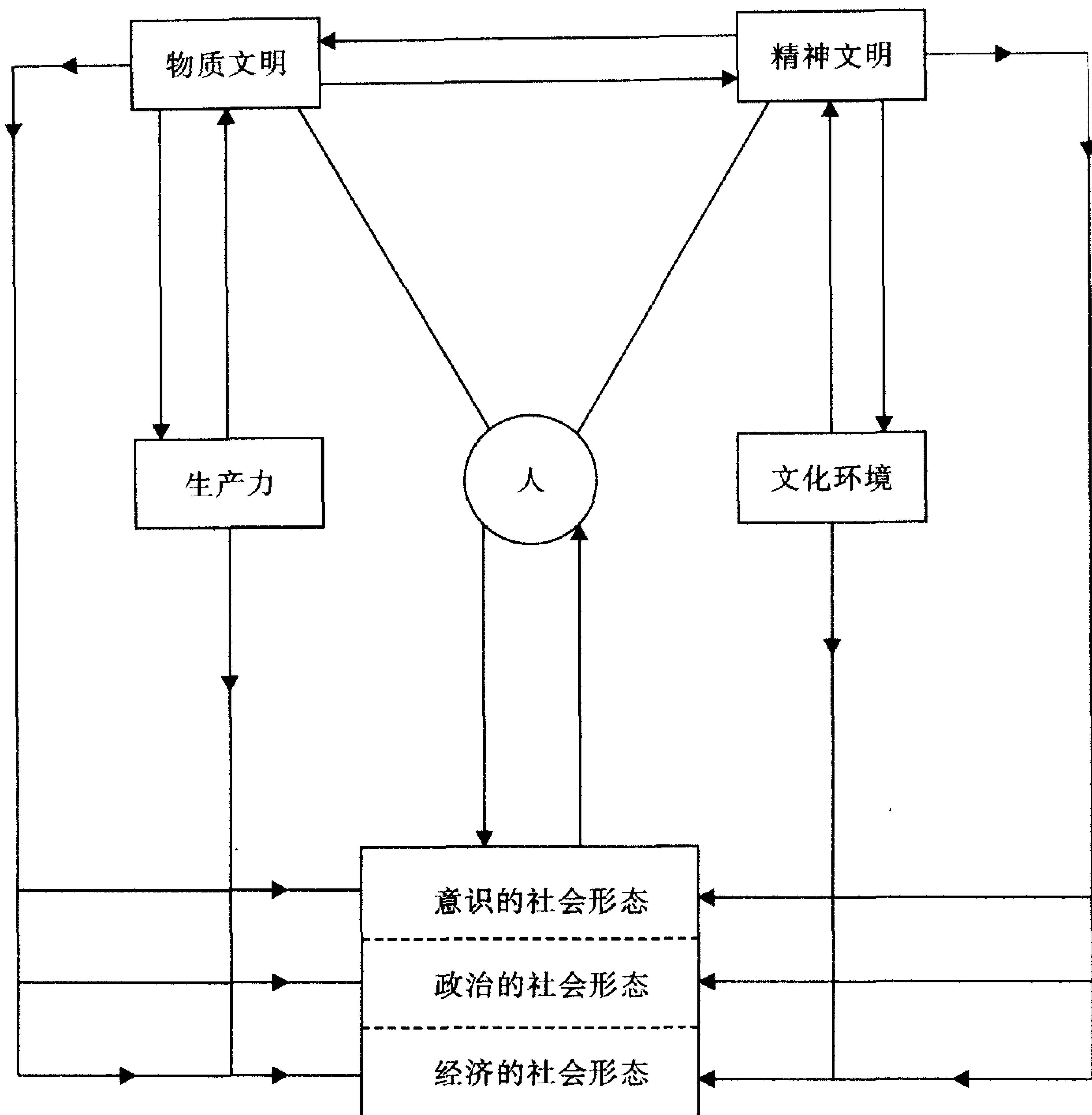


图 19－1 社会形态

钱学森指出，经济的社会形态的飞跃就是经济革命，政治的社会形态的飞跃就是政治革命，意识的社会形态的飞跃就是真正的文化革命。精神文明学要研究人的意识的社会形态的变化和整个社会发展变化的关系，研究精神文明建设发展规律，研究社会主义文化建设和社会主义思想建设的学问。这是一个非常复杂的社会系统工程，一定要用系统工程的观点，运用系统的理论。

二、关于政治文明建设

20 世纪 80 年代后期以来，钱学森在许多场合建议加强政治文明建设，1989 年在《社会主义文明的协调发展需要社会主义政治文明建设》一文，对政治文明建设作了全面系统的阐述。

钱学森提出“政治文明”建设这一概念的理论基础是马克思创立的社会形态理论，实践基础就是我国当前的政治体制改革的需要。

钱学森认为,虽说人类社会是一个开放的特殊复杂的巨系统,但从宏观角度看,社会形态最基本的侧面则有三个:"这就是经济的社会形态,政治的社会形态和意识的社会形态。经济的社会形态是指社会经济制度,主要是社会生产方式,包括生产、分配、交换、消费的方式,经济体制和社会经济关系。政治的社会形态是指社会政治制度,主要是国家政权的性质、形态,包括政党制度、管理体制、军事体制、人事制度、法律制度和社会政治关系等。意识的社会形态是指社会思想文化体系,主要是哲学、宗教、伦理道德观念和教育、科学技术、文化、艺术等等。社会形态是一定历史时期社会经济、政治和思想文化的总称,是一定历史阶段生产力和生产关系,经济基础和上层建筑的具体的、历史统一。"(《创建系统学》,155 ~ 156 页)

社会文明的建设也有三个方面,这就是经济建设,即物质文明建设;政治建设,即政治文明建设;思想文化建设,即精神文明建设。我们党在十二大报告中明确地提出了物质文明建设和精神文明建设问题,指出:"改造自然界的物质成果就是物质文明,它表现为人们物质生产的进步和物质生活的改善。在改造客观世界的同时,人们的主观世界也得到改造,社会的精神生产和精神生活得到发展,这方面的成果就是精神文明,它表现为教育、科学、文化知识的发达和人们的思想、政治、道德水平的提高。"钱学森分析指出,在这个文件中,政治文明建设虽然没有明确提出,但实际上有这方面的内容。报告说:"客观世界包括自然界和社会。改造社会的成果是新的生产关系和新的社会政治制度的建立和发展。"这里"改造社会的成果","新的社会政治制度的建立和发展"就是社会政治文明建设。十二大报告的第四部分"努力建设高度的社会主义民主"实质上也就是讲社会政治文明建设的问题。党的十三大把我国的政治体制改革提上日程,十三大报告的第五部分"关于政治体制改革"内容实际上也是讲我国政治文明建设的问题。马克思和列宁也都曾使用过政治文明的概念,但由于我们许多人文明和文化不分,这方面的概念也就比较混乱,所以要加强这方面的基础理论研究(《创建系统学》,156 页)。

钱学森还从科学体系的角度作了深入的阐述。他说:"在马克思主义社会概念下,专门研究经济的社会形态,即物质文明建设的学问就是经济学。这门科学发展较早,但仍有许多工作要做。专门研究政治的社会形态,即政治文明建设的学问就是政治学。这门科学的遭遇和社会学一样,过去我们也把它取消了,这使我们对政治的理解,长期只停留在政治就是阶级斗争的简单认识上,这曾给我们带来了许多政治灾难,造成了我们政治文明建设的落后。政治学也是在十一届三中全会后才重新建立起来的,所以政治学的建设和发展对我们来说,也是任务艰巨。专门研究意识的社会形态,即精神文明建设的学问,我们曾建议称为精神文明学,这在过去也没有,是一门新的学科,现在有一些同志正在从事这方面的研究,要把这门科学建立起来,还需要付出巨大的努力。"

这样看来,在人类知识最高概括的马克思主义哲学指导下,研究社会的总的学问是马克思主义社会学,下面有三个大的分支科学,就是经济学、政治学和精神文明学。这是社会科学体系中最主要的基础理论科学。这个基础社会科学理论的建设和发展,对我们国家来说其任务是十分艰巨的,实际上是对社会科学的一次革命;但为建设好我们国家,我们希望中国社会科学界和自然科学界能结成联盟,为之奋斗。

钱学森联系社会发展的实际进一步指明加强政治文明建设的必要性。他说:“1987年10月党的十三大把政治体制改革提上日程,明确提出了政治体制改革的七个方面:(一)实行党政分开;(二)进一步下放权力;(三)改革政府工作机构;(四)改革干部人事制度;(五)建立社会协商对话制度;(六)完善社会主义民主政治的若干制度;(七)加强社会主义法制建设。”

1992年,钱学森再次明确提出:“我们认为社会主义民主与法制建设可以叫作社会主义的政治文明建设。这是一个非常重要的社会主义建设侧面。因此,我们再次提出,应该更明确地将这个方面的社会主义建设,叫作社会主义的政治文明建设。”(《创建系统学》,272页)

根据分析,社会主义政治文明建设有三个部分:一是民主建设。这是非常重要的。我们党一贯坚持民主集中制,提倡走群众路线,听取群众意见,在群众的实践和意见基础上,制定国家的方针政策。这种走群众路线的民主建设,还有许多需要进一步完善和改进的地方。二是社会主义的体制建设。随着社会主义建设事业的发展,原来的政治结构就不适应了。党和国家就要根据“政企分开”的原则,研究如何搞好中央和地方的分工,地方各级之间又如何调整结构等等,这都是属于体制建设的问题。三是社会主义的法制建设。

明确地提出社会主义政治文明建设的问题,将使政治体制改革的内容、方向更为明确、全面。鲜明地提出社会主义三个文明建设的口号,将比两个文明建设的提法更为完整和全面。针对我国实际情况和过去对政治文明建设的忽视,要特别重视社会主义政治文明建设的问题。要进一步深入地研究社会主义三个文明建设的理论,使之形成系统的、完整的、科学的理论体系,以作为我们四化建设和改革、开放的一个理论基础。

三、三个文明建设的相互关系与现状

在讨论三个文明建设的相互关系时,钱学森仍然是从社会形态的整体出发的。他认为,社会形态的三个侧面是互相联系,互相制约和相互作用的,许多方面是互相交错的,从而组成一个社会的有机整体,即社会系统。其中经济的社会形态是基础,它决定了政治的社会形态和意识的社会形态。意识的社会形态是社会上层建筑中最抽象的部分,它不仅要受社会经济基础的制约,而且要受政治制度的制约,经济对意识社会形态的影响,常常要通过政治关系的中介起作用,对意识形态影响最大最直接的,往往是政治、法律、道德等因素。同时意识的社会形态对政治的社会形态、经济的社会形态又有相对独立性和能动的反馈作用。因为人类社会活动的一个特点就是要受意识的支配,人们改造世界必须首先认识世界,人们对客观世界的认识一方面受改造客观世界活动的制约,一方面反过来制约着人们对客观世界的改造活动。

当然,政治的社会形态对经济的社会形态也有强大的反作用。关于这一点,钱学森引用恩格斯的论述给予充分的说明。恩格斯曾经指出,国家权力对经济发展的三种反作用:“它可以沿着同一方向起作用,在这种情况下就会发展得比较快;它可以沿相反方向起作用,在这种情况下它现在在每个大民族中经过一定的时期就都要遭到崩溃;或者它

可以阻碍经济发展沿着某些方向走，而推动着它沿着另一种方向走，这三种情况归根到底还是归结为前两种情况中的一种。但是很明显，在第二和第三种情况下，政治权力能给经济发展造成巨大的损害，并能引起大量的人力和物力的浪费。”恩格斯还谈到：“还有侵占和粗暴地毁灭经济资源这样的情况；由于这种情况，从前在一定的环境下某一地方和某一民族的全部经济发展可能完全被毁灭。”（《马克斯恩格斯全集》，第 37 卷，第 487 页）这些在我们国家也是有切身体会的。政治文明建设对物质文明建设有巨大的反作用。

由此，钱学森清晰地阐述了三个文明建设的相互关系。他说：“这就向我们提出了一个重要问题，就是如何正确处理社会三个文明建设的关系问题。而社会形态的三个侧面是互相联系、互相制约的、互相适应的，社会三个文明建设也是互相联系、互相制约的。其中物质文明建设是基础，它决定制约着政治文明、精神文明的建设，同时政治文明、精神文明建设又对物质文明建设产生巨大的反作用，它既可以起推动作用，也可以起阻碍、破坏作用，它们是物质文明建设的精神动力和决定物质文明建设方向的政治保证。如果三个文明建设协调发展，那么社会的建设和发展就会顺利、就快。如果不协调发展，那么社会的建设和发展就会受到阻碍，造成巨大损失，甚至如恩格斯说的‘会使一个民族一个国家的全部经济完全被毁灭！’从系统科学的观点来说，这就是会使整个社会系统从有序走向无序、混乱、崩溃。应用系统科学理论研究社会系统三大文明建设的关系，研究如何使它们协调发展，以取得最好的整体效益，对社会的建设和发展具有重要意义。”（《创建系统学》，159～160 页）

钱学森对新中国成立以来三个文明建设作了客观准确、符合实际的评述。他说：“许多人没有注意社会主义三个文明建设。在我们国家社会主义建设的前期，我们是比较重视社会主义精神文明建设的，但忽视了物质文明、政治文明的建设。所以这一时期虽然精神文明表现得比较好，但政治不文明、不民主，造成了许多决策上的失误，特别是造成了阶级斗争的扩大化，以及大跃进、人民公社化的失误。就是精神文明建设，也由于我们受过‘左’的思想的影响，对传统文化及西方资本主义文化的片面批判，而使科学文化发展不快，这就是造成所谓贫穷的社会主义，不民主的社会主义的原因。而改革开放以后，我们许多人重视了物质文明建设，但又忽视了精神文明建设，政治文明的建设也没有真正抓起来，所以改革开放 10 年，我们的物质文明有了很大发展，但精神文明、政治文明的建设落后了，造成许多封建主义、资本主义腐朽现象的沉渣泛起。特别应该指出的是，社会主义政治文明的建设，在建国以后的几个时期中都被忽视了。斯大林严重破坏社会主义法制，毛泽东同志就曾经认识到，但没有认真从制度上解决，从而导致十年‘文化大革命’的错误。这个教训暴露后，我们更深刻地认识到这一点，但仍没有切实从制度上解决好，所以又造成了这十年改革中的失误。政治不文明是我们决策失误和工作失误的一个重要原因，而且许多腐败现象本身就是政治不文明。”（《创建系统学》，166～167 页）

四、三个文明建设的协调发展

钱学森从历史的角度强调三个文明建设的协调发展，特别是加强政治文明建设是社

会主义建设的需要。他说:“历史、现实和共产主义的奋斗目标,向我们提出了三个文明建设的艰巨任务,要建设高度的社会主义物质文明、政治文明和精神文明,需要我们几代人的艰苦奋斗。因此我们需要制定文明建设协调发展的总体战略。首先我们要认识到,三个文明建设要协调发展才能互相促进。我们的任务也十分艰巨,我们要克服2 000多年封建专制高度集权的深刻影响,跨过资本主义的政治民主制阶段,而到达社会主义的政治文明。”

钱学森联系当时社会现实,深刻剖析和批判了种种不切合中国社会实际的错误思想、言论和行为后指出:“实事求是的态度应该是,在中国现实的基础上,一步一步地建设社会主义初级阶段的政治民主制。社会主义政治文明的建设要抓住本质、核心的东西。社会主义民主政治的本质和核心,是人民当家做主,真正享有各项公民权,享有管理国家和企事业的权力。现阶段的社会主义民主政治的建设,必须着眼于实效,着眼于调动基层和群众的积极性,要从办得到的事情做起,致力于基本制度的完善。”

总的目标是要造成一个又有民主又有集中,又有自由又有纪律,又有个人心情舒畅又有统一意志这样一种生动活泼的政治局面。也就是邓小平同志在《党和国家领导制度的改革》一文中指出的:“……政治上,充分发扬人民民主,保证全体人民真正享有通过各种有效形式管理国家、特别是管理基层地方政权和各项企业事业的权力,享有各项公民权利,健全革命法制,正确处理人民内部矛盾,打击一切敌对力量和犯罪活动,调动人民群众的积极性,巩固和发展安定团结、生动活泼的政治局面……”(《邓小平文选》,282页)

第二十章 钱学森的人才观

一、"把培养人才、扶植人才作为自己的崇高使命"

胡锦涛总书记在两院院士大会上的讲话指出："培养造就创新型科技人才是一个系统工程。需要各级党委和政府、有关部门、高等院校、科研院所以及全社会共同努力。"因此，在培养人才的工作中，要突出抓好以下几个重要环节。一是要完善培养体系，继续深化教育改革，加强素质教育，努力建设有利于创新型科技人才生成的教育培养体系。二是要不拘一格选用人才，为优秀人才特别是年轻的创新型科技人才施展才干提供更多机会。三是要完善制度和政策保障，继续深化科技体制改革，坚决破除束缚人才成长和限制人才充分发挥作用的观念、做法、体制。四是要进行开放式培养，有效利用全球科技资源。五是要营造鼓励科技创新的社会氛围，大力倡导和弘扬崇尚创新、鼓励创新的精神，大力提倡敢于创新、敢为人先、敢冒风险的精神。

钱学森一贯重视人才的培养、发现和使用。1982 年，他在《红旗》杂志上发表了《社会主义人才系统工程》一文，阐述人才思想、人才观是以培养、选拔和使用三者相结合为基础；人才概念应是包括工人、农民、知识分子以及其他爱国人士在内的全体人民。文章中，钱学森从人的才能发展的过程和人的生理方面阐述人才思想观念，他说："人的才能从哪里来的？是天生的，还是出生后学来的？现代心理学以及生理心理学的研究都说明，人的才能绝大部分是出生后逐渐学来的，即通过实践逐渐获得的。"对于人才的使用，钱学森认为："千里马只是马的一个类型，千里马挽重车不一定能比得上一匹挽重马。而建设社会主义需要各种各样的人才。"所以说所谓人才要看做什么工作，这就是说把最合适的人放在最合适的职位上或岗位上才能发挥其真正的价

值。钱学森的这些人才观点和人才思想都是非常富有辩证哲理的。

在该文的后半部分,钱学森从七个方面介绍了一套完整的社会主义人才系统工程,对人才的管理、培养、选拔和使用,提出了自己的见解。他认为:"人是慢慢聪明的,不是一下子聪明的。因此,'人才学'要研究智力是如何成长的,绝不是从天上掉下来的。"(《北京科技报》,1980 年 7 月 18 日)

钱学森认为,广大青少年是人才培养的重点。广大青少年是祖国的未来,民族的希望,好像早晨八九点钟的太阳。中国教育应当按照"面向现代化,面向世界,面向未来"和"有理想、有道德、有文化、有纪律"的社会主义新人的要求,用社会主义精神文明的内容培养出一代又一代的社会主义新人。这些人当然熟悉现代科学技术体系;熟悉马克思主义哲学,理、工、文、艺结合,有智慧;熟悉信息网络,善于用计算机处理知识。这些人 18 岁就应当达到硕士研究生毕业的水平,然后再深入造就,综合发展。这样的人应当算是全才。当然要注意处理"全"与"专"的辩证统一关系。

钱学森关于培养广大青少年人才的构想,具体到中国高等教育的人才培养,应当在三个面向和四有新人的要求下,培养各种类型、不同层次的专门人才,以满足经济建设主战场需要。同时,还要培养出一批又一批高级的综合人才或者通才。这些人应当具有坚定正确的政治方向,纯洁高尚的道德品质,在业务上能够实现文理交叉,中西贯通,古今融会,运筹谋划,成为现代科学技术领域和哲学社会科学战线的帅才或将才。这些人能够从事和组织综合的、创造性的研究,对国家的经济建设、科教繁荣和社会进步作出开拓性的贡献。

2001 年 11 月 30 日,钱学森 90 华诞之际,中共中央政治局委员、中央军委副主席曹刚川在总装备部召开的向人民科学家钱学森学习座谈会上讲话中指出:

> 钱学森同志在长期的科技实践中,始终以很大的精力关注人才队伍建设,把培养人才、扶植人才作为自己的崇高使命,体现了一个大科学家的战略眼光和宽阔胸襟。他非常善于从战略的高度思考和谋划人才的培养问题,适时向党中央、国务院、中央军委提出了培养我国科技帅才和将才的建议,并从六个方面阐述了培养途径和方法。他根据现代战争的新要求,较早就提出要尽快提高我军指挥员的科学文化素质,培养博士军长,博士师长。他大力倡导学术民主,并躬身实践,创造人才成长的宽松氛围。
>
> 钱学森同志这种自觉以人才培养为己任的高度责任感和高尚风范,是非常值得我们钦佩和学习的。总装备部各级党委和领导干部都要按照江主席的要求,像钱学森同志那样,具有强烈的人才战略意识和高度的负责精神,把培养高素质的科技人才队伍摆在重要战略地位,做到识才有慧眼,用才有气魄,爱才有热情,聚才有方法,通过不懈努力,培养造就一批能够站在世界科技前沿的、具有一流水平的科学家和工程技术专家。老一代科技工作者要把扶植培养人才作为第一位的责任,举贤荐能,把优秀青年科技人才推向第一线,满腔热情地扶植,倾尽全力地帮助,既要在专业技术上悉心指导,更要在思想作风上严格要求,使他们尽快地健康成长、全面进步。广大青年科技工作者……自觉以钱学

森同志为榜样，刻苦学习，坚定信念，热爱祖国、无私奉献，与时俱进、求实创新，努力把自己锻炼成为德才兼备、能够担当重任的合格接班人。

二、发现人才，举荐人才；尊重人才，爱护人才

钱学森认为，事业造就人才，人才开创事业。如果没有特定的历史时代赋予人们一定的历史使命，绝不会出现杰出人才。他用自己亲身经历为这一观点作了很好的诠释。他说："自己只是适逢其时做了一点应该做的事情……"诚然，钱学森确实是在出色地完成一定历史使命中获得了成功的。他之所以成功，又因为他善于集中广大科技人员的智慧分析矛盾，把握规律，解决矛盾，进而在事业上有所开创。推而广之：精神领域的矛盾是社会发展的重要动力，这一动力具体表现为先进思想战胜腐朽思想、科学战胜迷信、真理战胜谬误的思想解放运动。在这一运动中，具有先进思想、科学观点和卓越智慧的人才当然能站在运动的前列，起重大的作用。政治领域的矛盾是社会发展的直接动力，这一动力集中表现为推动社会进步的政治改革的实践活动。每个时代，代表进步势力、掌握真理、立志改革的人才，总是积极投入政治改革的进步潮流中，并能成为中流砥柱。经济领域的矛盾是社会发展的决定性动力，这一动力明显表现在为适合生产力状况而进行的经济调节或经济改革的实践中。懂得经济科学、经济管理、经济改革的人才，自然要在这一实践中大显身手，起重大作用。生产力领域的矛盾是社会发展最终起决定作用的动力，生产力发展的历史表明，生产力的发展经历了多次飞跃，但是作为生产力主要因素的劳动者的体力并没有明显的变化，造成飞跃的原因主要是劳动者的智力发生了巨大的变化。对这种智力进步起重大作用的因素，一方面表现为劳动者中科技人才数量和质量的提高，另一方面表现为作为生产力客观因素的生产工具和劳动对象的进步，但后者的进步，要依靠懂得创造、革新、推广新的生产工具和劳动对象的科技人才。由此可见，人才是社会发展各级动力中能动的因素，对社会历史的发展起重大作用。人才开创事业，事业造就人才，这是历史发展的辩证法。

钱学森很重视识别人才、使用人才，培养和锻炼人才。识别人才，就要有伯乐的眼光，"先有伯乐，而后有千里马"。自古以来，埋没人才、摧残人才的事例不胜枚举，而毛遂自荐，脱颖而出，更是不易，于是，伯乐就显得特别重要。历史证明，钱学森对我国载人航天工程总设计师王永志院士的举荐，对我国探月工程总设计师孙家栋院士的举荐，不仅是慧眼独到的发现，而且是非凡的科学预见，甚至可以说是对中国航天事业的一大贡献。使用人才，贵在知人善任。领导者不可能样样都高于别人，但必须有超群用人才干。

钱学森深知，育才不易，护才更难。人才总有不同凡响之处，一旦冒尖，往往招来种种非议，真可谓"人言可畏"、"高标见嫉"。爱才之心并非人皆有之，而妒才之人却屡见不鲜。在对人才的诽谤面前，有胆识者必须站出来讲话，力排众议，保护人才，让他们在一种"既有民主又有集中，既有纪律又有自由，既有统一意志又有个人心情舒畅"的环境中生活和工作，必然能够发挥更大的作用。

20世纪70年代末，钱学森大力举荐一名1957年被错划成右派，当时在山西右玉县工作的张沁文，他们因研究农业系统工程而结识。在他们共同撰写的《农业系统工程》论

文中,钱学森三番五次地要求将自己的姓名署于张沁文之后。推荐张沁文到中央电视台开播的“系统工程讲座”讲课,把自己几十年来收集的有关农业科学技术和系统工程的近百本(套)资料转送与张沁文,鼓励他在农业科技和农业系统工程方面取得更大成绩。当钱学森得知张沁文艰难的科学研究经历和目前的处境仍然十分困难后,便大力扶持,向山西省委有关部门反映张沁文所取得的研究成果和入党难等问题,希望帮助改善张沁文同志工作环境,最终得到了解决,后来张沁文走上了山西省农村发展研究中心副主任的领导岗位。钱学森这种举贤荐才的无私品格,深受人民群众的赞叹!

20 世纪 80 年代初,钱学森得知素不相识的年轻学者杨春鼎夫妻两地分居生活困难,曾两次写信给当时安徽省委第一书记张劲夫同志请求给予解决。这两位同志后来在学术上都取得了很大的成绩,都成为享受国务院特殊津贴的学术带头人。当然,得到钱学森帮助和保护的青年才俊何止张沁文、杨春鼎两人。

三、钱学森的科技帅才观

谋求中国社会主义现代化建设的长远发展,是钱学森毕生的夙愿。他以科学家的超前目光,对我国科技人才和军事技术人才培养提出了高屋建瓴的见解。早在 20 世纪 80 年代,钱学森在中央党校多次讲到过关于人才的培养问题。自 1985 年以来,他曾多次谈到关于“科技帅才”的话题。

什么是科技帅才?刘邦与韩信在一起“论将”时认为:“能领兵者,谓之将才”,“能领将者,谓之帅才。”科学史家 D · 普莱斯曾经把科学家分为两类:一种人“善于同人打交道”,一种人“善于同物打交道”。前者就是“科技帅才”,后者则为“科技将才”。

钱学森认为,必须用系统的观点来看问题。科技帅才作为科学技术事业的领导者、组织者,必须对科学技术事业的发展有整体的、动态的观点,并且要有控制能力。以往那种培养单科人才的教育制度和教育方法显然不能适应这样的要求。因此,他又向中央领导建议,为了迎接交叉科学时代的挑战,发展我国的科学技术事业,必须培养这类特殊的人才——科技帅才。钱学森认为,“所谓科技帅才,就不只是一个方面的专家,他要有全面组织指挥的领导才能、就必须有广博的知识,而且要能敏锐地看到未来的发展。”钱学森说:“现在要求培养一批科技帅才,即是一批工程师加科学家加思想家的人才”;“当帅才的,在领导实现一个明确的目标时,应该从基础应用到工程实践,都能够考虑到”。这是全面落实“科学技术是第一生产力”和“科学发展观”,建设创新型国家的重要环节,是新时代的新问题。

关于如何培养科技帅才,使他们对科学技术有远见、有创造性和全面的领导指挥能力,钱学森提出以下几点具体建议(《创建系统学》,268 ~ 269 页):

(1)要学习马克思列宁主义、毛泽东思想。因为马克思主义哲学是人类智慧的结晶,是科学的世界观与方法论,是分析问题和解决问题的思想武器。所以,帅才要在学习马克思列宁主义、毛泽东思想上真正下功夫。

(2)要了解整个科学技术的发展动向。因为现代科学技术已经形成了一个相当完整的、不断发展的、开放的体系。对科学技术必须有整体的观点和发展

的观点，才能从中发现新动向，提出新问题，然后组织人去研究。科技帅才必须具备这样的素质。

(3)要学习世界发展的知识。当代世界各种矛盾与冲突层出不穷，局部战争、政治事件与经济动荡接二连三，如海湾战争、南斯拉夫内战、金融危机等等，要了解它的起因、历史、发展趋向、事态后果等等，以便及时作出对策，这样才能迎接世界的挑战。

(4)要学习军事科学知识。当今是一个激烈竞争的时代，竞争实际上就是打仗，也包括组织管理方面的知识和才能。霸权主义国家除了采用经济手段压榨与制裁外，最终总是要动用军事力量来迫使他国就范。要打仗就要学习军事科学知识。

(5)学点文学艺术。它可以培养一个人从另一角度看问题，避免"死心眼"和机械唯物论。科学的逻辑思维与文学艺术的形象思维的结合，是创造力、智力的关键所在。古往今来许多有名的科学家、思想家和革新家都有很高的文艺修养。老一辈革命家文艺修养比较高，是我们的榜样。

(6)科技帅才还要身体健康。健康的身体是一切活动的物质基础，不容有丝毫的忽视。

钱学森对他身边的同志说："我要求你们做的，超出你们所熟悉的范围。你们应该努力成为科技帅才，因为这是社会主义建设的需要。"

我国载人航天工程总设计师王永志也记得，在钱学森身边工作的日子里，他一再被要求从系统工程的角度，打破专业局限来分析和思考问题。每一种创新的观点和设想都能得到钱老的鼓励。钱学森说："要提倡创新思维，正确与否交给实践去检验。"正是在钱学森的建议和支持下，王永志 30 多岁就当上了新型导弹的总设计师。

早在 1986 年，钱学森就认为，高技术革命必将带来军事技术的迅速发展，军队将成为知识密集的部门。未来战争将广泛使用各种先进武器系统，战场情况错综复杂，从而对指挥人员的科技文化和军事素养提出更高要求。他在分析外军和我军军官的文化水平后敏锐地指出，为应付未来可能发生的战争，军队干部应逐步达到大学以上文化水平，师职干部应是硕士，军职干部应是博士，战士的文化水平也要相应提高。他的远见卓识受到中央军委的高度重视。从 1987 年起，部分军队指挥院校开始招收军事学硕士研究生。20 世纪 90 年代以来军队指挥院校和科研院所的研究生教育有了更大的发展。如今，全军已有近千名干部获得了军事学博士学位。年过九旬的钱学森，仍时刻关心着国防高科技和军队现代化建设的进展，叮嘱前来看望他的军委领导同志要抓紧科技发展战略研究和人才队伍建设。

钱学森关于人才问题的基本观点可以概括为：不赞成"天才论"，非常"尊重劳动，尊重知识，尊重人才，尊重创造"。

第二十一章 钱学森现代教育思想

钱学森是杰出的科学家,同时也是名师和杰出的教育家。尽管他在教育方面的杰出成就似乎被他在科学技术领域的卓越贡献所掩盖。然而,他毕竟是教师出生,始终不渝地关心着教育事业,他发表过大量关于教育事业的言论和教育理论研究的文章。

一、钱学森的教学实践

1. 在美国名校求学从教 20 年

钱学森从 1935 年到 1955 年在美国求学教书 20 年,用他自己的话来说,前三四年是学习,后十六七年就是从事教学和科学研究,为将来回国效力做准备。钱学森在美国加州理工学院从助教、讲师到副教授,从事大学本科生教学和研究生指导教学工作多年。1947 年,36 岁的钱学森晋升为麻省理工学院的教授(终生教授),成为该校最年轻的教授,担任研究生班的教学工作。1949 年,美国军方从刚刚结束的第二次世界大战看到导弹技术是未来战争武器装备发展的新方向,因此,古根海姆基金会决定在全美选择两所大学投资,同时建立了两个“喷气推进实验中心”,即加州理工学院喷气推进实验中心和普林斯顿大学喷气推进实验中心,并将中心主任冠以“戈达德教授”(戈达德是现代航天技术的先驱)的头衔。钱学森同时收到两个喷气推进实验中心主任职务的聘书,他选择了母校加州理工学院,出任新成立的“喷气推进实验中心”主任,即“戈达德教授”。直到 1955 年 9 月钱学森离开美国返回祖国,他一直在加州理工学院担任教授职务并专心从事教学工作。为美国培养了大量高级科技人才,他的学生中有不少人后来都进入了美国军事高级研究机构。

特别值得一提的是，钱学森在美国任教时，所开课程的讲义不少都是他自己撰写的，比如《喷气推进》、《火箭技术导论》和《物理力学讲义》等。这些都是开创性的课程和教材。

钱学森在美国生活了20年，始终没有离开校园和教学工作，应该说他对西方现代教育观念和思想有着深刻的理解。

2. 主持创办清华大学工程力学研究班和自动化研究班

新中国成立之前，我国的高等院校都没有力学专业。为解决力学人才短缺的现状，根据钱学森等著名科学家的建议，1956年经国务院决定，由高等教育部与中国科学院在清华大学建立工程力学、自动化两个研究班。这两个研究班由中国科学院力学研究所和清华大学联合承办，编制隶属清华大学。钱学森、郭永怀、钱伟长、钟士模等著名科学家参加建班的最初工作。原中国科学院党组书记张劲夫大力推动了这一工程科学高品位人才的培养工作。钱学森不仅是这两个研究班的第一主持人，而且坚持每周授课两次。他根据在国外发展航空航天工程的特点及经验，深知在航天领域培养从事科学技术人才的重要性，亲自主持创办这两个研究班。自动化研究班也是由中国科学院与高等教育部为贯彻科学规划而合办的，学制一年，自动化研究班办了一届。工程力学研究班分流体力学和固体力学两个专业。自1957年7月起每年招生约100人，学制两年。至1962年2月，力学研究班共办了三届，招收学生309人。以后，清华大学在工程力学研究班的基础上建立了现在的工程力学系。

工程力学研究班和自动化研究班的培养目标定位于从事工程力学与自动化科学技术领域的高层次研究和教学人才。学生的来源仍是选择大学本科即将毕业的各工科的优秀学生和从事工程基础的研究和有一定教学经验的研究人员和教师。钱学森等不仅亲自授课，而且指导学员根据当时的实际情况，完成了“专题研究”和“专题论文”。虽然当时我国尚未实行学位制度，但教育部发文正式将这三届研究班人员认同为研究生毕业。

研究班的学员们得以聆听科学大师们的教诲。钱学森亲自讲授“水动力学”、“宇航工程讲座”和“工程控制论”。由于钱学森深刻地认识到技术科学的重要性以及在航空、航天领域里基础工作的重要性，因此，他将工程力学研究班和自动化研究班作为在国内培养技术人才的“试点”。钱学森渊博的知识和深入浅出的讲解深深地感染了每一个学员，更重要的是，钱学森理论联系实际的治学思想对研究班的学员们产生了深远的影响。

三届工程力学研究班培养的人才经过毕业以来40多年的工作考验，证明这一培养模式是成功的。以20世纪90年代中国力学学会第四、五届理事会常务理事的组成人员为例：20多位常务理事中1/4～1/3的人员曾经是工程力学研究班的学生和教师。他们伴随着历史走过我国工程力学发展的轨迹，在自己的教学、研究岗位上为我国工程力学的人才培养和科学研究作出了贡献。历史证明了钱学森这一具有预见性和战略性的眼光，为我国工程力学事业的发展奠定了坚实的基础。

3. 参加筹备创建中国科学技术大学，并任近代力学系主任，从事过系统的、完整的教学工作

1958年春天，中国科学院一些科学家建议，应充分发挥中科院雄厚的科学家力量和优越的实验室条件，创办一所新型大学。钱学森是积极的倡导者。

1958年6月8日至9月20日，钱学森任中国科学技术大学筹备委员会委员，中国科

学技术大学筹备委员会的组成是经中共中央批准的，筹委会由十人组成，其中中科院七人，包括院长郭沫若和两名副院长及秘书长等，研究所所长仅钱学森一人。

为给上天（宇航）、入地（爆破）培养新型人才，1958 年 6—8 月钱学森与郭永怀积极筹建力学和力学工程系（后定名为近代力学系）。从此，钱学森担任系主任长达 20 年之久，“文革”期间虽然不能行使系主任职权，但他仍关心力学系的发展与建设。在钱学森的领导下，近代力学系自建系伊始，在确定培养目标、设置专业、制定教学计划、决定课程设置、聘请教师，“所系结合”实施专业教学、鼓励学生参加科学研究、指导学生撰写毕业论文等人才培养环节，无不体现了钱学森的科学世界观及其完整的教育思想，对目前我国的教育，以及正在大力提倡的素质教育，具有现实意义。

钱学森不仅是中国科学技术大学近代力学系的领导人，并且也从事过系统的、完整的教学工作。1961 年 8 月至 1962 年 1 月，钱学森为近代力学系 58 级、59 级主讲《火箭技术导论》，听课学生 400 余名，每周上一次课，每次 3 学时，该课程后来更名为《星际航行概论》，并编写专著，作为科技大学教材。60 级上该课时，钱学森讲了重点章节。1962 年，钱学森为化学物理系 58 级主讲《物理力学》，59 级上该课时他又讲了重点章节。钱学森的《物理力学讲义》原著英文版，是他在美国编写的，为了培养科大学生，在他主持下译成中文出版，作为科技大学教材。

4. 一生关心着祖国的教育事业

进入 20 世纪 70 年代以后，从工作关系上讲，钱学森已经完全脱离了教育界。但是，他始终关心着、关注着祖国的教育事业，直到世纪之交他都与儿童心理研究者、小学教师、大学教师、乃至教育部部长始终保持着联系，交流着教学实践的经验，讨论着国家教育体制的改革，探索着教育科学的基础理论的建立；他深入教学第一线了解最新的教学情况，还亲自走进大学课堂听讲。

二、钱学森的现代教育思想

钱学森的现代教育思想和教育观念，是他长期的教学实践和对教育问题长期思考的结果。他在 20 世纪 80 年代以后公开发表的专门论述人才培养管理和教育问题的文章有：《社会主义的人才系统工程》（《红旗》，1982 年第 2 期），《关于教育科学的基础理论》（《华东师范大学学报 · 教育科学版》，1984 年第 4 期），《马克思列宁主义教育怎样面向现代化、面向世界、面向未来》（钱学森主编，《关于思维科学》，上海人民出版社，1986 年），《要为 21 世纪社会主义中国设计我们的教育事业》（《教育研究》，1989 年第 7 期）等。

1. 深谙现代世界教育发展的大背景

钱学森在美国求学教书 20 年，对现代世界教育发展的大背景有着深刻而全面的了解。他说：“西方发达国家是从 19 世纪的下半叶才开始有培训工程技术人才的学校。美国有名的麻省理工学院是 19 世纪 70 年代建立的。它实行 4 年制，培养工程师。前两年学科学的基础理论，包括物理、化学等；后两年学专业技术，毕业时作毕业设计。经过 4 年的学习，培养出一个能到工厂去负责技术工作的工程师。这样的工程师与瓦特那样的

工匠不同,他具有基础理论知识,能适应新的发展并能创造性工作。这套教育体制后来流行全世界。我过去上的大学——上海交通大学,就是实行的麻省理工学院这套教育制度。后来我到麻省理工学院留学,使我大吃一惊的是,在交大做的实验都与麻省理工学院一样。”

到20世纪30年代,这套教育体制的缺陷就逐渐显示出来。当时科学技术发展迅速,用麻省理工学院方式培养出来的人,很难适应这种新的形势。而从20世纪初,德国的哥廷根大学,开创了所谓应用力学专业,将基础理论与工程应用联系起来,加强基础理论学习。后来美国的加州理工学院发展完善了这套教育体制。具体做法是适当减少了一点工程课程,加强基础理论教育,而且将学制延长到7年。这样培养出来的学生,科学知识的基础要坚实得多,各种新的发展都能跟上。第二次世界大战以后,这一教育思想已被普遍接受。

经过半个多世纪,科学技术日新月异,我们要面向21世纪,加州理工学院这套教育制度还能适应今天的形势吗?这是钱学森不断思考后的发问。

2. 关于教育的主要目的

钱学森在《社会主义的人才系统工程》一文中,把人的才能分为“智力”和“知识”两部分,他认为“知识”就是把人类自有文字记载以来的实践经验和由此总结出来的对客观世界的认识系统化为学科,这些学科知识是可以向新一代,向需要的人讲授的。通过各种教育模式使人增长知识,这便是我们通常说的教育的主要目的。

然而,钱学森认为传授“知识”不是教育目的的全部,教育对于培养人的能力(即智力)尤为重要。当然如何培养提高人的“智力”,使人聪明,是至今不大清楚的问题,还没有总结出一套行之有效的训练智力的方法。对于人的能力,钱学森有两点肯定的看法:第一点是人的能力主要是出生以后学来的。他说:“比如,人一生下来可以带有遗传或胎中的缺陷,但这是极少数;更重要的是人从出生之后所接受的事物,他的实践,千差万别,以后的教育,后来的实践更是人人不同,这才是人的能力有差别的主要原因。”“不管怎样,人从出生之后,经历不同,学习条件不同,能力也不同,不同在两个方面,一是能力有大小,二是能力的方面不同。”第二点是关于教育对提高智力的作用,钱学森在《关于教育科学的基础理论》一文中阐述得更为清楚。他认为,尽管现代科学技术还不能直接为教育科学的基础理论提供构筑件,却能为我们总结经验提供许多极为有用的线索。他说:“例如人的才能是先天的还是后天的?有教育所无能为力的吗?当然有:有极少数幼儿,大脑有损伤,那就不是教育所能完全补救的了。此外也有遗传的因素,但不会有大影响,只要是人类,各民族之间的差异是微不足道的。过去有那么一些人热衷于夸大民族之间的智力差别,把‘智商’(IQ)测试结果说成是证明了民族智力的不同。现在已经越来越站不住脚了,智商已被看作是教育结果的评定而不是什么先天的遗传因素了。既然如此,一个民族中,先天遗传因素的作用也是不大的。”

钱学森的这一教育观点,与当代英国著名教育家亨利·纽曼的观点不谋而合。15年之后,亨利·纽曼发表的见解似乎可以看作是对钱学森观点的诠释。他讲道:“我一直强调智力的培养本身就是一种目的,这是合情合理的;其次,我重视这种培养的性质和内

容。无论哪一种真理,都是智力作用的合适对象。因此,智力的培养在于使它能够理解和思考真理。而且目前这种状态的智力(除那些无需在这里加以说明的以外),不能直觉地或从整体上来辨别真理。我们知道,智力的培养不是通过一种直接和简单的观察就能完成的,而是通过逐步的积累,通过一种心理过程,通过对一种客体的反复观察,通过许多要领的比较、联合、相互纠正和不断的适应,通过运用集中以及多种能力的共同作用和心理训练,最终才能完成的。智能的这样一种联合和协同一致,这样一种扩大和发展,这样一种综合,必然是一件训练的事情。再者,这样一种训练是一种习惯的问题。不管如何举例,训练不只是运用(即向头脑输入真理),不只是研究许多问题,不只是观看许多实验,也不只是听许多演讲。所有这些还是不够的。一个人可能在做了以上全部事情后,仍然在知识的大门之外徘徊——他不能理解他所说的话;他不能用他智慧的眼光去观察他所碰到的东西;他不能照事物的本来面目去理解它们;或者至少他完全没有能力在已有知识的基础上继续前进,没有区分真理和谬误的能力,不能从许多东西中精选出真理的果实,不能根据事物的真实价值来排列事物,并且,如果允许我这样说,他没有组合概念的能力。这样一种能力是科学培养智力的结果。它是一种后天获得的判断能力,是聪明的本领,是洞察力,是智慧,是哲理性智力,是理智地自制的能力和使智力趋于宁静的能力——这些品质并非仅仅来自学识。肉体的眼睛(认识物质体的器官)是自然所提供的,智慧的眼睛(其认识对象是真理)则是训练和习惯的成果。"

3. 探索早期科学教育,提高教育效益,缩短教育过程

钱学森认为:"我们应该研究教育科学的基础理论,总结古今中外的育人经验,结合近年兴起的行为科学,大大提高培养教育的效益,缩短达到一定目标的必需时间。例如国外已有倡议把小学入学年龄从6岁降到4岁。也有的从儿童心理学的研究结果提出幼儿教育的重要性,主张教育要从娃娃开始,如此等等都是大有可为的。从我自己的我的同学们的经历说,我认为中小学教育搞好了,两年制大学就能达到现在四年制大学的水平,而四年制大学可以达到现在的硕士水平。再加上提早入学,肯定可以节省几年时间!""而这还没有到顶,人脑还大有潜力,人的智力还大可发展。这是从现代人体科学和思维科学的研究结果得出的认识:现在的人比起100万年前的人类祖先聪明多了,而这个进步还是自发的、不自觉的过程。今后用人体科学和思维科学,自觉地、能动地去开发人脑的潜力,人的聪明怎么会不大大提高呢?教育的过程怎么会不大大缩短呢?这将是又一场科学革命和又一场技术革命。(《论系统工程》,430~431页)

4. 重视基础课教学

钱学森十分重视基础课教学。他当年在中国科学技术大学对基础课教学的重视,令人难以望其项背。他为近代力学系聘请了最好的、全国闻名的专家和教授讲授基础课,如聘请严济慈、钱临照院士讲授普通物理,吴文俊院士讲授高等数学,蒋丽金院士讲授普通化学等。他几乎动员了全力学所的专家进行专业基础课和专业课的教学,如郭永怀、吴仲华、林同骥、郑哲敏、李敏华、吴承康、黄茂光、胡昌海、钟万勰、潘良儒等院士或后来当选为院士的著名学者。当发现58级学生数学、力学基础还没有达到应有标准时,钱学森立即向学校建议延长半年,决定集中补习数学和经典力学两门课。在亲自向教师交代

任务的同时，还建议采用冯·卡门和彼德著的《工程中的数学方法》作为参考书。随后，近代力学系对59级和60级的学生，也都相应地采取了加强数学和力学基础教学的措施。钱学森对数学和计算机的重视由来已久，他认为："研究技术科学就离不了作为人们理论工具的数学。"钱学森预见到了电子计算机的发展"对技术科学的研究有深切的影响"。

5. 明确培养目标、设置专业面向未来，反映当代科学发展新方向

钱学森在创立中国科学技术大学近代力学系之初，就非常明确地提出，要培养技术科学工作者，也培养介于科学家和工程师之间的人才。按照这样的培养目标，"理工结合"很自然成为近代力学系培养人才的原则。钱学森以他的技术科学思想设置了中国科学技术大学近代力学系的专业，其中包括高速空气动力学、高温固体力学、化学流体力学和土及岩石力学等专业。这些专业的设置，是面向未来的，反映了当代科学技术的发展新方向，也是国家急需要发展的学科。当时，这些专业在国内其他院校还未曾设置，或未曾这样设置过。高瞻远瞩，面向未来，设置新型专业、培养人才，是钱学森一贯的指导思想。即使在他晚年，离开教育战线几十年之后仍然在关注着这一问题。1992年9月，他在给葛庭燧院士的信中写道："现在中国科学技术大学有材料设计专业吗？似应设此专业，将来还可以设系。"当力学系根据钱学森的建议，经过调查研究，决定设置材料设计专业时，1994年4月，钱学森致信汤洪高校长："我也祝愿中国科学技术大学在时代发展新方向：纳米科学技术，作出重要贡献。"1994年6月，钱学森在给力学系主任韩肇元教授、系学术委员会主任伍小平教授的信中称赞："中国科学技术大学真是新高技术的突击手，而力学系也很称职，下决心像顾海澄教授那样预见至21世纪，开创新学科、新专业——材料设计专业！"

6. 形成了培养和造就技术科学人才的独到理念

钱学森在总结麻省理工学院、哥廷根大学和加州理工学院教学经验的基础上，形成了他完整的、系统的、深刻的培养和造就技术科学工作者的独到理念。他指出，培养技术科学工作者的课程设置，远比培养一个工程师要求得更加宽而深，"从自然科学一直到生产实践，都要懂得"。他认为，那种"前两年着重在自然科学，后两年着重专门业务，但是这两部分没有能结合起来"的培养方法是有不足的。强调科学理论和工程技术的综合是"化合物"，而不是"混合物"。他不止一次地指出，培养这样的人，至少需要6年的时间，而不是常规工程教育的4年；看这些人掌握知识、能力的程度，不能由所学课程的数量和在校的年限来衡量；如何有效地应用所学的基本知识和能力，只有通过在应用中取得经验才能得到。他还指出，这个过程在专家的指导下可以加速，因而在完成6年的学习之后，还需用1～2年的时间，在有经验的高级学者指导下做具体工作。一个准确无误的好方法，就是在一个设备优良的大学中，在权威的指导下研读博士学位。他还特别强调学术氛围的作用，认为这是获得智慧最好的途径。智慧可以洞察复杂问题，而这种洞察力是成功解决问题的关键。他的这一理念在他创办工程力学研究班和自动化研究班教学实践过程中、在中国科学技术大学近代力学系的创立、完善和发展的过程中得到了充分的体现。

1987年3月9日,钱学森在一次学术报告中讲到教育制度、教育方法改进有很大潜力。他说:"道理很简单,伟大科学家、伟大思想家、高度智慧的人,在娃娃时代,他也没有高度智慧,还是跟一般孩子一样,没有人生下来就了不起,生下来就是爱因斯坦。"

他教导青年,不要把分数看重了,要把精力集中在培养与提高自己分析问题和解决问题的能力上,不要只跟在教师后面跑,自己没有主动性。

纵观钱学森关于教育改革的论述,其主要精神,在于积极主动地培养以下几种能力:一是观察力,这是智能的基础,是智能金字塔的第一级台阶。任何联系实际的科学研究,任何创造都始于观察。二是记忆力,这是智能的物质前提,是智能金字塔的第二级台阶。不储存大量的知识,就很难转化为能力。三是想象力,这是成功的"加速器"。想象力是人的智力结构中的一种动力成分,是智能金字塔的第三级台阶。想象力能涉及更深远、更广阔的领域。四是思维力,这是智能的核心,是认识活动的高级阶段,是智能金字塔的第四级台阶。观察得来的花粉,通过抽象思维才能将花粉酿成蜜汁。五是创造力,是智能的明珠。创造力是成功的第一要素,是创造发明者不可缺少的智慧品质,是智能金字塔顶端闪闪发光的明珠。

7. 重视培养学生的创新精神和创造力

钱学森曾经指出:"一个技术科学工作者的知识面必然是很广阔的,不仅知识广,而且他还必须要能够灵活地把理论与实际结合起来,创造出有科学根据的工程理论。""要把自然科学的理论应用到工程技术上去,是一个非常困难,需要有高度创造性的工作。"因此,他满腔热情地支持学生的课余科研活动。他指导了中国科大58级学生研制人工降雨火箭,59级学生研制冲压式发动机等课题等。这些活动有效地培养了学生敢于创新的精神,锻炼了学生的动手能力。白以龙院士就是当年火箭研究小组的成员。为了使学生尽早地受到科学研究的熏陶,当年科大学生在校本部学习两年半以后就迁到中关村,在研究所里进行专业基础课和专业课的教学,并能经常听到所内外和国内外专家的学术报告,有的同学还在所里专家指导下参加早期的研究活动。毕业论文作为培养学生创新精神和创造能力的重要环节,钱学森对此非常重视,总是精心组织安排,动员力学所有关研究室的专家进行指导。他不仅亲自给学生讲授如何做好毕业论文,指明做毕业论文的目的是练兵,提出了应该以严肃、严密、严格的三严作风来对待论文。他还亲自参加了学生的论文答辩活动。

8. 重视培养学生树立正确的科学世界观和合作精神

钱学森在教学过程中经常向学生介绍国家科学技术发展的总体要求,也谈他个人的体会,鼓励学生要有远大的志向,要不怕苦,不怕累,发愤图强,雄心勃勃去攀登科学高峰。同时教导学生要养成和别人合作的良好作风,否则,将来在科学工作中是要吃亏的。在科学道路上要有股傻劲,不要怕做小的工作,需要付出大量的平凡劳动。

9. 重视培养领导科学技术事业的科技帅才

钱学森不仅具有长期的系统的中外教学实践经历和经验,而更为可敬的是他为新中国的理工科教育界和科学技术界培养了众多的领军人物和学术带头人。

钱学森早年在美国时就非常重视为祖国培养人才。他亲自带的博士研究生罗时钧

和郑哲敏，因深受作为导师的他的影响，都先于他回国，为祖国的科学技术事业和教育事业作出了杰出的贡献。罗时钧博士1950年归国，先在哈尔滨军事工程学院任教，后来任西北航空学院副院长，是我国航空教育事业的奠基人之一。郑哲敏博士是中国科学院院士、中国工程院院士，也是继钱学森之后中科院力学研究所第二任所长，不仅继承了钱学森学风，在现代力学领域取得了许多重要成就，而且为国家的社会主义建设和国防建设解决了许多重大课题，同时也培养出许多后备力量。

中国科学院戴汝为院士是钱学森归国后带的第一批研究生，所做的第一项工作便是协助钱学森将其名著《工程控制论》翻译成中文。后来在我国自动化领域和人工智能领域作出了重要贡献，是我国人工智能领域的权威，为国家培养出几十位博士研究生和硕士研究生。

其实，受钱学森的指导和影响下学有所成的科学家和学者在全国难以数计，如钱学森早年的两位学术秘书王寿云将军和原中国航天电子基础技术研究院院长陶家渠研究员，原航天医学工程研究所所长、著名科学家陈信教授，著名系统专家、人口学家、原系统科学研究所副所长于景元教授，“863”计划重点课题首席科学家汪成为院士。原国务委员、国家科委主任、两院院士宋健同志也自称是钱学森的学生，因为宋健同志自1960年从苏联留学归来，长期在钱学森的直接或间接领导下工作，并协助钱学森修订了他的名著《工程控制论》，由原来的30余万字增加到近120万字。从宋健等人着手修订该书到出版面世历时近20个春秋，可见，说宋健是钱学森的学生那是名副其实的。

几十年来，钱学森为国家培养出一大批高级人才，是他对祖国、对人民的一大贡献。

三、建立科学的教育理论——教育学

从现在科学技术全球化、经济全球化的实际情况看，我们正面临的是一场“知识战”，“智力战”。要想赢得这场“知识战”，“智力战”，就必须极大地改进我们的教育工作，然而，改进教育工作就必须总结出一套指导教育工作的基础理论。这也是钱学森强调建立教育科学基础理论的历史背景。

钱学森认为，教育科学的基础理论，就是教育过程的客观基本规律，即指导教育工作的基本理论。教育科学的基础理论是教育科学中最难的问题，也是最核心的问题。解决了这个核心问题，教育科学的其他学问和教育工作的其他部门就有了基础，有了依据。没有这个基础理论，其他也都难说准。研究智力工程应该集中研究教育科学的基础理论。

回顾我国教育界从20世纪50年代到70年代前期，信奉苏联教育家凯洛夫那一套理论，不是什么科学的办法，也不是靠得住的办法。也许就是因为我们受了凯洛夫的影响而吃了亏。

钱学森认为，70年代后期有人提出搞“教育工程”改革教育工作，试图把自然科学中的一些物理学概念套用到人的教育工作中来。意图是好的，但人的思维过程和学习过程毕竟远比机械物理过程复杂得多，有它自己的特殊规律，强行套用物理学概念不见得会成功。

钱学森认为，80年代前期我国兴起的“发明学”和“创造学”都比“教育工程”进了一步，因为，发明学和创造学承认人的智力发展不是一个简单的机械物理过程。然而，钱学

森强调指出，教育部能按发明创造那样一、二、三、四……去搞。这样搞会适得其反的，不能把培养一个人的智力同教会人一项技艺这两件不在同一等级上的事混为一谈。他说："学一项简单的技艺，例如学讲一种外语，讲到外国人能听懂，可以用这种强行灌输的方法。外国期刊上这一类包教包会的广告很多；但没有包教出诺贝尔奖金获得者的广告！就是讲外语，能说到使外国人听懂是一项技艺；但要讲外语讲得达到文理优美，有风趣，那就不是一项简单的技艺，是文化教育的问题。"

钱学森赞同徐章英同志提出的以生理学、脑科学、心理学，特别是思维科学为基础，创立智力开发的工程——智力工程，他认为这是看问题的正确方向，因为，教育工作的最终机理在于人脑的思维过程。同时，他也指出，智力工程包括的范围太广了，从机理一直到教育工作的实施，连教育工作的组织、计划、管理都在内了。教育工作的组织、计划和管理是一项可以应用现代组织管理技术——系统工程的工作，称之为教育系统工程的技术。

对于怎样研究，并建立教育科学的基础理论，钱学森也有深刻的见解和很好的建议，他认为虽然现代心理学、脑科学取得了很大进展，人脑的活动也的确表现为思维，而思维科学最终也要靠脑科学来阐明它的机理。从前对于教育科学的基础理论来讲，仍属微观的，更深入到机理的学问的发展情况来看，要想从此引出教育科学的基础理论还是不现实的。

那到底该如何研究并建立教育科学的基础理论呢？钱学森建议："再进一步'宏观化'，从人受教育过程的本身开始，从古今中外的教育经验中总结。这里说的教育经验包括学校教育的经验，社会影响或社会教育的经验（其中有家庭影响、家庭教育）；而从孩子一生下起，直到人的老年，一生的全过程都有教育经验。这里说的经验当然包括成功的经验，也包括失败的教训。古今中外，事例千千万万，记载在汗牛充栋的典籍图书之中，材料十分丰富，怎么不能总结出教育科学的基础理论来呢？"

对于总结教育科学的基础理论，钱学森充满信心："首先，我们有辩证唯物主义、历史唯物主义和自然辩证法这一马克思主义哲学为科学研究的指导原则；其次，尽管现代科学技术还不能直接为教育科学的基础理论提供构筑件，它却能为我们总结经验提供许多极为有用的线索。如果在这个总结经验的过程中，脑科学、心理学以及思维科学有什么新发现，新成果可以利用，那就更能促进这项工作。"

四、要用教育系统工程组织管理好我们的教育体系

20 世纪 80 年代，钱学森在中央党校的一次报告中指出："教育系统工程的理论基础是要把教育作为一个社会现象、社会活动来研究，掌握教育的规律。教育的规律不是凭空想的，而是要从实践当中总结经验，要把人类社会的教育事业作为一个社会活动、作为一门社会科学来研究，这就是教育学，是一门社会科学。另外，教育有教育的目的性，即阶级性。我们的教育是要培养有社会主义觉悟、有文化的劳动者，包括工人、农民和宏大的无产阶级知识分子的队伍；地主阶级搞教育，是为培养封建的知识分子。当然，不管哪个阶级的教育，它的教育学，尽管指导思想上有所不同，但是恐怕也有一部分是共性的，那就是反映人学习的客观规律，也就是反映生理学、心理学的学习规律。这一部分共性的东西，我们也要吸取。但是，我们的教育学总不能够将'大成至圣先师'孔老夫子那一

套全部搬过来。无产阶级的教育理论，虽然马克思、恩格斯、列宁和毛泽东都有不少阐发，但是我们还是面临着一个学习整理的任务，而且要在这个基础上写出我们的教育学。”

1990年3月17日，钱学森在全国政协科技委员会全体会议上讲到人才问题时指出：“现在无非是三代人，一是像我们这样的老一点，再有很重要的是30～40岁的人，还有正在学习的20岁左右的。我希望，青出于蓝胜于蓝，后一代比我们强。但是这个问题确实很大，我们全国政协也有一个教育文化委员会，他们讨论很激烈。想来想去，我觉得，教育问题真正的要害在认识，也就是说，我们还没有真正掌握马克思主义的教育理论。搞教育理论的人，总是离不开老框框，什么凯洛夫的教育学等等。其实在我国，包括新中国成立前一段时间，甚至更早的时期，我们对教育是有经验的，有成功的经验，也有教训。我们应该用马克思主义的哲学，用辩证唯物主义和历史唯物主义来总结教育上的成功经验和失败教训，真正奠定马克思主义的教育理论。这恐怕是非常重要的，没有理论的指导是不行的。而老的教育理论，我看不能解决我们面临的问题，不够用。”

五、钱学森讲课的艺术

“当风度潇洒的钱先生走进教室时，我们无不以崇敬的眼光注视着他。”——何友声院士回忆自己50年前在清华力学研究班的读书生活，钱学森教学的情景仍然历历在目。钱学森1955年回到祖国，正值盛年，清秀的脸上呈现出学者超然物外的非凡气度，而他的辉煌成就和传奇般的经历，早在学生们入学前就如雷贯耳。

何友声院士翻着当年听钱先生讲课的笔记说：“这已是半个世纪前的记录，但是到现在还是颇有指导意义。”说到钱先生讲课的艺术，“那是特别好，他可以把高深的理论讲得简洁浅显。听他讲课是一种享受！”何友声院士不无遗憾地说：“可惜因为忙，没有将先生的笔记编成教材。”“能做钱学森这样一位知识渊博的科学家的学生，是我们难得的幸运。我们受益匪浅。”

1995年2月16日，钱学森在给安徽淮南师范学院中文系杨春鼎教授的信中写到：“我也是教书出身，当时对讲好一堂课是下了工夫的，三支粉笔，45分钟，做到通畅有吸引力。您一定也如此；或比我做得更能引学生入胜。这样学生毕业后也就能成为好老师。”

1987年2月16日，钱学森在一次讲演中提到：“从前我是教书的，我教书也得有巧招啊，我讲的要是学生不爱听，我就不算完成任务；我得想法使他们爱听。后来我看到我们高等院校中有好多人教书是念讲义，我说这糟极了，教书怎么能这样讲法？讲课就得让学生爱听。那怎么办？我从前也有办法，就是看学生表情，看他们发愣了，那大概是没听懂，我得换一下，讲得更生动一点。”

积极应用新科学、新技术，不断探索革新教学方法也是钱学森教学实践的特色之一。

第二十二章 钱学森的科学道德观

钱学森在近70年的科学技术活动生涯中，不仅一贯严格遵守科学道德，严格要求自己，为我们树立了榜样，而且经常在广大科学技术工作者中宣传和倡导科学道德。

在钱学森的倡导和亲自主持下，从1983年3月到1987年在北京中国航天员科研训练中心（原航天医学工程研究所）举办了人体科学学术研讨班，每周一次的学术讨论会，雷打不动，一直坚持了4年之久。在1983年3月14日开班会上，钱学森发表了近3万字的长篇学术报告——《关于科学道德》，着重论述了"道德"的属性和科学道德规范的核心两个方面的问题。

一、"道德"的属性

钱学森《关于科学道德》的学术报告主要内容正如他所说明的，是结合当时樊洪业同志发表在《百科知识》1983年第2期上的《科学道德刍议》一文所阐发的。钱学森认为：道德这个概念是跟社会制度有密切联系的，当然科学道德跟科学本身有关，科学本身又是没有阶级性的，所以问题比较复杂。科学道德这个问题是应该引起我们的重视，因为在我们国家现在的科学技术研究领域确实有这方面的问题，值得我们来研究的。

科学界的职业道德，就是科学道德。把科学道德作为研究对象，进入伦理范畴，就是科学伦理学。科学工作者，首先作为我们社会的公民，应自觉地做社会主义精神文明的建设者，遵守社会公德。然而，科学界的精神文明并非是一般社会公德向科学界的简单推演，它具有适应科学研究工作、科技事业本身的特点和发展规律的具体内容。钱学森联系当时我国科学界关于科学道德问题的讨论，认为确实有不少问题，并详细列举了上海科技界在讨论中所指出的十个方面的科学道

德问题，认为这些问题要解决，不然科学技术的发展将会遇到严重的阻碍。

钱学森认为："经过十年'文革'以后，我们的科学技术工作里面确实有一些毛病。我想这些问题不光是说在建设社会主义精神文明中是不应该的，我今天想强调的是为科学技术本身的发展这也是不应该的，因为科学道德是跟科学本身联系着的。它之所以成为科学道德，就是人们总结了实践经验，认为不提倡这些科学道德，科学本身也将会被破坏，也不能发展。"就此，他逐条宣讲了 1982 年 4 月北京科协制定的《首都科技工作者科学道德规范》。该规范后经中国科协全国委员会的常委讨论以后，转发到全国，倡议全国的科学工作者都要遵守。

钱学森认为，要搞清础科学道德规范跟科学本身的密切联系，还需要了解一些科学史上有过的一些科学道德方面的事情。在现代科学形成以前，也就是 18 世纪以前，就没有科学。因为科学还没有成为一种独立的事业，那当然也就没有科学道德这么单独的一个概念。关于这一时期的科学道德问题他引述了樊洪业的阐述："萌芽状态的科学道德只能依附在宗教道德、行会道德等其他道德之中。医学是起源最早的科学技术活动之一，也就是最早成为独立职业的，加上它的活动对象是人，与社会的关系极为直接和密切，因此它的职业道德也成熟得相对早一些。被尊为医学之祖的古希腊名医波克拉底，有一篇著名的从医誓言，其中包括尊师、保密、把病人利益放在首位、不诱奸女病人等等。我国唐代名医孙思邈在《大医精诚》篇中也有类似的论述。"

近代科学发展起来之后，科学道德在科学实践中逐步成熟，科学道德规范也逐渐明确起来。德国大哲学家和科学家康德，在柯尼斯堡学院用的誓词是："学院决定授予你科学博士的学位，这是一种荣誉。这荣誉带来了永远忠诚于真理的义务，无论是在经济的还是在政治的胁迫下，都决不屈从于压制或歪曲真理的诱惑。要你保证，维护学院现在授予你的荣誉，并且不受其他考虑的影响，只是寻求并忠诚于真理。"

钱学森还介绍了 20 世纪 30 年代我国民族资本家范旭东先生领导的久大盐业公司（后来还包括永利化工公司和黄海化工工业研究社）制定的四个信条（即道德规范）：1949 年 9 月"国际学会联合会"第五次大会通过的《科学家宪章》对科学家规定的六条义务，日本学术会议（大致相当于中国科学院院士大会）在 1980 年 4 月通过的《科学家宪章》（人们称之为日本科学家的道德纲领）中的五条规范等。

他说："引用这些东西就是说明一个问题，即科学道德是离不开科学本身的，科学本身又没有阶级性，因此我们研究资本主义国家的科学、道德、宪章、规定，能不能试图从里头提炼出那些跟科学本身有关的东西？这些东西是没有阶级性的，在我们国家也还是要重视的。"

二、科学道德规范的核心

科学道德作为科学家科学活动的行为准则，是用以调节科学家个体、群体之间以及他们与社会之间的关系的。在伦理学中，道德范畴又是相互联系的。科学道德规范也必然含有这些范畴，反映这些范畴。

关于科学道德规范的核心内容，钱学森就樊洪业的文章讲了四个方面的问题。

1. **追求和维护科学真理**

钱学森说："樊洪业在文章说，有位德国人在一篇文章中写道：'科学家的主要责任，科学共同体的责任，是保护科学家命题的真实性。'这话是对的。科学之所以为科学，科学家之所以为科学家，就是在于追求真理，在于他们能为人类指示对事物的真理性认识。对待真理的态度，就是科学家的良心、义务和节操之所在，它贯穿在科学家创造活动的每一个环节上，是科学家作为自我约束、自我评价的首要原则，也是科学家取得世界和社会信任的首要标准。"

自然现象对任何人都是公平的，任何人都可以依据科学事实总结出相同的规律。在实验中和以实验为基础的理论研究中寻找科学真理，这是近代科学的伟大奠基人伽利略为科学活动所建立的基本规范之一，是与热爱、追求、维护科学真理的基本道德规范是相辅相成的。实践是检验真理的最终标准——这条科学规范和追求、维护科学真理这条科学规范，都不承认权威，它们使科学家有意识地警惕武断和轻信，反对知识禁区，揭露科学骗子，不屈服于来自政治、经济、哲学、宗教、舆论、习俗等各方面的压力。科学工作者要坚持这一条是要具有无私无谓的勇气的。

钱学森就人们关心的国外科学家是否弄虚作假，他们的结论、论文靠得住靠不住的问题作了介绍。他说："这个事你要我百分之百地说都是靠得住的，这话我不敢讲，因为知识面那么广，有的我懂，有的我不懂，不懂的是多数，但是我说我相信在资本主义国家里发表的那些东西，论文、书、刊等，绝大多数是靠得住的。我说道理很简单，假的东西能不能够发表呢？可能是发表了，因为漏掉了。但是有一条，据我所知，这种情况也是很少的，因为编辑也是行家，假的东西他还是闻得出来的。再有一条，这条非常重要，就是假的总要被人发现，发现以后，这个原作者一辈子就完了，就别想再当科技人员了，去卖冰棍可以，别当科技人员了，谁也不会用你。这是他们这些国家的情况，不言而喻的，不是明文写的，但是他们的全社会都是这样办的。要是在科学技术工作里头做了假，那你就受到这样一种惩罚，以后你不要再做科学技术工作了。关于这一条，我敢向同志们说，据我所知，资本主义社会对这点是严肃的，很严格的，很厉害的，没二话。""这并不是说资产阶级就那么高尚，不是，要用马克思主义哲学，用辩证唯物主义、历史唯物主义观点来看这个问题。我们可以讲，任何一个社会，不管它是奴隶社会也好，它是封建社会也好，它是资本主义社会也好，这些社会所制定的道德、规范是要维持它这个社会的，是要发展科学技术的。而他们也知道科学技术是不能做假的，做了就完了。所以才形成他们那么一个全社会不言而喻的那条公约，就是在科学技术工作当中谁要做了假，那就别想再做科学技术工作，就会被科学的共同体开除出去。"

"樊洪业同志认为，在科学技术史上不仅记载着千千万万科学家的优秀代表，记载着他们出色的科学成果，记载着他们高尚的科学道德。与此背道而驰的科学骗子也会出现，因科学研究成为一种稳定而日益受到社会尊重的事业，一有了科学家的荣誉，较高的社会地位和可观的经济收入也会偕与俱来。如果一位科学工作者对功名利禄的追求甚于对真理的追求，就有可能无视科学道德，在科学活动中弄虚作假，招摇撞骗。不过，任何伪造的'成果'都经不起实践的'拷问'，自然界会供出真情而使玩弄骗术的冒牌科学

家处于困境。"

对这一点，钱学森从我国社会主义的角度作了分析阐述。他说："首先社会主义是科学的，像那样的事情应该说在我们国家，在中国共产党领导的国家是不会有的，党性、科学性是一致的。也许同志们听了会说我要维护科学性，同时我又要服从中国共产党的领导，这会不会有矛盾呢？我说不会有，因为党性、科学性是一致的。当然，是不是说我们的所有领导都不会犯错误？这也不能讲。假设你被要求做一些违背科学真理的事情，我说你应该抵制，因为这时候要你违反科学真理的那个领导，他就犯了错误。所以你要抵制他。为了维护科学真理而抵制他，你是正确的，你不是不服从党的领导，因为党的领导是科学的。我觉得在这儿要讲这么一点，在我们国家党性、科学性是一致的，作为一个科学技术工作者一定要追求和维护科学真理，这是坚定不移的。小一点的事情，还有我们某些人一时认为什么事情是不对的，给你扣帽子，你不要怕，我说扣不扣随他，就是不怕，不怕扣帽子。我认为一个科学技术人员认为是真理的话，不要被帽子、棍子所屈服。"

2. 倡导创造精神，尊重优先权

关于倡导创造精神，尊重优先权这一点，钱学森同意樊洪业教授的论述：

荣誉是人们行为之社会价值的标志，也是个人对自身行为之社会价值的意识。科学家的最高荣誉在于他的创造性成果获得同行乃至社会的公认。这种荣誉感明显地导致科学家去持久地努力创新，并捍卫新发现和新发明的优先权。作为约束和调节科学家人与人之间关系的一个重要道德标准就是尊重优先权。

如果我们从社会学角度研究近代科学技术史，可以发现它是充满了优先权之争的。近代科学的奠基人伽利略曾因观察太阳黑子、发明军事罗盘等优先权之争先后指责过 5 个人；牛顿在光学和天体力学研究上与胡克争夺，在发明微积分上与莱布尼兹争夺；围绕证明水是化合物而非元素的重要成果，卡文迪许与瓦特争论；在发明无线电的优先权上，有属于马可尼还是属于波波夫的争论……这些争论与道德问题有关，但不能说卷入争论就是不道德的。美国著名的社会学家墨顿认为：优先权的争论是科学体制之规范的产物，这种规范对科学家施加压力，要他们去维护自己的权利。即使平素与人无争的科学家也是如此。既然社会公众把增进科学知识看作是科学的任务，独创也就理所当然地应受尊重。这种尊重导致鼓励独创性，由此促进科学的进步。墨顿说："当科学体制卓有成效时，承认和尊敬就会给予出色完成了自己任务的人们以及那些为公共知识的积累做出了真正开创性工作的人，这样就会出现个人利益与道德互相重合和融合的幸福局面。"

大量的优先权之争并非是由科学家的个人品质造成的，而是因为科学事业的本质决定了它把独创性作为最高价值所造成的。可以进一步分析，科学家的新发现只有公布出来才有意义，而他的发现一旦公布出来，社会中的任何人只要理解了它就可以占有它。留给发现者的，唯有优先权而已。欧姆定律、黎曼几何、爱迪生效应等，任何人懂了都可以用，欧姆、黎曼、爱迪生所获得最高荣誉

是由以他们的名字命名的定律等所体现的优先权。这里的道德问题不是要不要争优先权，而是要实事求是地尊重优先权。问题复杂在当一项科学发现孕育成熟时，站在突破前沿的往往并不是一个人，而是有多人将大体同时获得基本的发现。比较理想的是达尔文与华莱士的那种解决方式。这里应该清楚，追求真理就要支持创新；支持创新要用尊重优先权来体现，然后才是在尊重优先权的前提下讲谦让。

这一段关于创造精神和尊重优先权的问题，我们应该很好地研究研究。因为我们国家多少年来有个毛病，现在可以说这个毛病啦，就是吃大锅饭。如果哪一个同志在科学成果上有一个发现，你要尊重他的优先权，那么这个同志就冒尖了。在我们这个国家里怕冒尖，冒尖是很不好受的，以至于确实有贡献的同志常常说你千万不要承认我这项贡献，一承认我这项贡献就糟糕了，我的日子难过。这个问题我觉得很重要，在科学技术工作当中，既然科学技术的任务就是发现不知道的东西，那么你必须重视对于发现、创造，对科学技术有所促进的这些人。这就是在科学里头要倡导创造精神，要尊重优先权这一条。假设我们那个吃大锅饭的影响不解决的话，谁都怕冒尖。你到底是鼓励去创造，发明，解决问题呀，还是不鼓励创造，发明，解决问题？当然今天也可以讲，也有那种在个人科学技术工作当中，共产主义修养非常高的人，就是受到打击，他还是干，他们是模范人物，我们当然都要向他们学习，但是不能说因为有这样的人，我就可以对有创造的人打闷棍子，那是两回事。我们需要科学技术，我们就要鼓励全体科学技术人员去创造、发明、进取，那么我们对于有贡献的人就要给予鼓励。所以我觉得这个问题是很重要的，因为一个人在一个方面有专长，往往他就不很全面，有点怪脾气什么的，你要抓他的小辫子，那多得很，所以不能那样办。对有创造的，有成绩的人，作出贡献的人，我们应该尊重他的发明创造，应该尊重他的优先权。这不是一个所谓知识私有的问题，不是。当然，前面讲的弄虚作假，那是头一条讳忌。要不是你的，你说是你的，那我说请你别做这样的人。但是他的，你还不承认是他的，这也不对。那么到底是不是他的呢，我想自有公论。在我的科学生活里，这几十年我从来没有碰到一个问题弄不清楚到底是谁的，没有这样的事。到底是谁的，一弄就清楚嘛，假的就是假的，真的就是真的，这事并不难。假的不行，真的要尊重。这是前面一条讲的，这两条是辩证的统一。要创造精神，要尊重优先权，不要把这认为是争个人的什么利益，不是这个问题。因为在科学工作里就有这一条，就是要不断前进，因此，创造精神，优先权必然是跟科学工作紧密地联系在一起的，这是科学工作本身的一个特点。正如樊洪业文章里说的："这里应该搞清楚，追求真理就要支持创新，支持创新要用尊重优先权来体现。"从个人来讲，在尊重优先权的前提下，个人懂得了道德，就应该讲谦让。

3. 对科学共同体的义务

关于"对科学共同体的义务"，钱学森引述樊洪业文章说：

这里使用科学共同体一词，是指遵循共同的科学规范并在科学活动中保持相互交流的科学家群体。尽管科学共同体在不同时代不同国家中的存在形态和完善制度会有很大的差别，但可以肯定一点。在现代社会中，任何科学家个人若完全脱离科学共同体将一事无成。在科学共同体中，科学家之间既相互竞争也相互合作，既相互监督也相互促进。作为共同体中的一员，每个科学家对科学共同体都负有道德义务。

首先是尊重他人的科学劳动。任何一项科学发现都有它所凭借的历史条件和社会条件。所以倡导首创精神和尊重优先权，决不意味着忽视或否定科学共同体的作用。一篇科学论文，在导言、谢辞、脚注、文献等部分都体现着这一道德内容。报道自己的科研成果时，作者都列出他所参考利用的前人成果，对于任何在实质上为他的研究提供过帮助的人给予应有的肯定和感谢……

关于写科学论文，写书的常识，由于十年内乱，我们现在写论文的一些同志对这条似乎有时不太清楚。引用了别人的东西不注明，这不高明。你有责任一定要注明你引用的什么概念，什么结果是谁的，而且注得越清楚表示你的水平越高，并不是表示你用了人家的东西你就差劲了，不是，你越说得清楚表示你的学问很大，知道行情，什么是什么人的。而且在国际文献当中还有这么一条，就是甚至于你引用的那个概念是别人跟你对话，或者在某个场合给你讲的，或者是私人通信讲的，虽然对这个概念他没有写文章，写书发表，但是你引用了，也得加注，注明大概什么时候，谁谁谁跟我口头交换意见时说的。这个账要很清楚，谁的就是谁的。如果是有账要说清楚，而你没说清楚，即便人家不说，你也不光彩。我们作为科技工作者，这一条自己要有约束，实事求是，更不要说不同的意见，你要是觉得你错了，干脆承认你错了，公开地承认。就是在文章里头你也可以说我以前是怎么怎么讲的，现在我认为不对。这个一点不丢脸，这就表明你前进了，比过去的你高明了。前进这有什么丢脸的？在这一点上我觉得我们这个国家还有欠缺。

在这一方面钱学森确实为我们树立了榜样，随便翻开他的著作便可看出这一点。他为《工程控制论》（修订版，1980 年）写的序言——《现代化、技术革命与控制论》的引文注明有 27 项；序言结尾一句写道："在写这篇序的过程中，王寿云同志帮助我检阅并整理了很多资料，付出了辛勤的劳动，我在此对他表示感谢。"要知道，王寿云同志是钱学森的学术秘书呵。《系统科学、思维科学与人体科学》（原载《自然杂志》，1981 年第 1 期）注明引用文献 22 项；《开展思维科学的研究》（原载《大自然探索》，1985 年第 2 期）注明引用文献达 40 项。研读过他的著作的人都知道，在他的著作里自我否定的情形更是屡见不鲜。

钱学森接着讲道："要说我们社会主义国家，马克思列宁主义，毛泽东思想作为指导我们一切工作活动的国家，如果我们对于自己的错误还讳疾忌医，就真是太不应该了。孙冶方同志是经济学家、模范共产党员，在最近临终时的遗言中说，他自己认为他的工作里头对的要宣传，错的要开批判会，免得错的东西别人还以为是正确的呢，因而受到不好的影响。孙冶方的这种精神是完全对的，适用的。推而广之，我们在一切科学技术工作

里面应该是这样来办事情,老老实实地。一个是人家的成果,不但不能剽窃,而且你要说明,注得清清楚楚的,这是谁的东西,我是从他那学来的。当然你要不是学来的,也不必担心,说是他这儿说的这个东西我也知道,你知道就知道,你一没发表二没跟我讲过,我怎么知道你心里的事,这不算剽窃。假使他发表了,确实没有看到,这也不必担心,那你就实实在在的,实际情况就是这样的嘛。这恐怕在我们国家这种情况还不会少,因为我们的消息不大灵通。”

钱学森认为,攀洪业的所谓“难免要做出一定的牺牲”,这句话的意思就是“在大的原则下我们还要讲究谦让。不是原则问题,有一点小的意见不一样,我看为了团结合作可以让,但这并不是要你把原则问题都让了。尊重发明权,优先权,这个不能让。但不是这样的问题,小的不同意见,你多一点,他少一点,这种可以让让。这就是团结合作。这种团结合作应该是真正的,不是表面上的团结合作,人跟人的关系真正是无间的。关于这点在我们现在的中国,我听到的问题也有不少。真正的团结,在坚持原则的基础上要点谦让的精神,不要无谓地吵那些细枝末节的事情”。

钱学森同意樊洪业在文章中所说:“再次,是要积极开展学术交流。表面上看,这纯粹是一个工作问题,实际上也涉及科学道德问题。《科学研究的艺术》一书的作者W·I·B·贝弗里奇在论述科学研究的道德观时指出:“将实验结果和观察到的现象发表出版,以便别人可以利用并给予批评,这是作为现代科学基础的一条基本原则。’科学共同体的重要职能之一就是对包括科学论文在内的资料进行评价交流和积累。在科学领域中搞封建割据,情报封锁是不道德的。还有一点是坚持‘在真理面前人人平等’的原则,自觉地维护学术民主。”钱学森强调指出:“学术讨论是非常重要的,这一点我们要认识清楚,不交流是违反现代科学技术的,学术工作就是靠互相促进,就要交流,而且要提倡有什么说什么,不要怕那些不同意的话,说对了的人固然有贡献,说错了的人也有贡献。”

4. 要关心科学对社会的影响

钱学森认为“要关心科学对社会的影响”。他引述樊洪业文章说:

科学家如何对待科学与社会的关系,已成为重要的道德问题。两次世界大战之前,许多科学家认为自己的任务为发展科学而已,对社会是漠不关心的。他们说科学是摆脱了道德价值的,或者说在道德上是中立的。的确,自然科学研究的直接目的是不能用道德标准来衡量的,但却可以用实现这一目的所应用的技术手段以及科学成果转化为技术成果后的社会效果来进行评价。爱因斯坦在1931年曾对美国加州理工学院的学生说过这样一段话:“你们只懂得应用科学本身是不够的。关心人的本身,应当始终成为一切技术上奋斗的主要目标;关心怎样组织人的劳动和产品分配这样一些尚未解决的重大问题,用以保证我们科学思想的成果会造福于人类,而不致成为祸害。在你们埋头于图表和方程时,千万不要忘记这一点!”科学技术给世界大战提供了各种杀人武器,给工业发展带来了环境污染、生态平衡的破坏等等,都表明科学技术的飞速发展给人类带来了许多新问题,自然与社会之间失掉了平衡,物质文明与精神文明

之间失掉了平衡，科学家作为人类社会中的一员，不能不考虑自己对社会的道德义务。

有人把科学家为尽这种道德义务而建议采取的措施作了归纳，比如，严格确定道德标准并编纂相应的职业法典；利用舆论发表评论和消息以揭露滥用科学成果而危害社会的有关情况；以系统分析为手段，使科学家突破专业分工过细造成的障碍而看到整体效果；号召科学家在公布自己的科学成果的同时要预见它们可能产生的消极后果，并为此提出警告；拒绝从事某些被用来危害人类的研究等等。

但是，科学家们的建议、呼吁、宣传之类远不是行之有效的，说到底，科学家所能控制的，是取得什么科学成果和怎样取得这些科学成果。至于科学成果如何转化为技术成果再应用于社会，发挥的作用是善还是恶，这决不是科学家所能左右的，在这里起决定作用的是一个国家或地区的政治经济、意识形态等各种社会条件。因此，一方面，科学家要关心科学成果的应用，关心科学对社会的影响；另一方面，科学成果其副作用的道德责任，主要不能由科学家来承担。

樊洪业同志这段话对资本主义国家的科学家确实如此，但是，对于我们社会主义中国的科学技术人员来讲，恐怕不完全是这样。因为我们的宪法规定了我们国家是全体公民所管理的国家，科学技术人员对国家事务的发言权还是很大的，而且我们的政府，我们的党也是倾听人民的意见的。所以科学技术人员要关心科学对社会的影响。这个在我们国家不但要这样做，而且这样做的效果也是很好的，远远大于资本主义国家的。对于我们的科学技术，我们做的成果怎么样造福于国家，造福于人类，我们是有发言权的。我们应该来考虑这个问题，而且当我们有了一种认识的话，我们应该宣传这些成果对于人类的幸福是直接相关的。对于我们研究的成果应该怎样最好地利用，首先是怎么样来加强我们主要的任务，但是如果还可以用得更广泛一点，我们也应该大胆地提出这样的建议，因为我们是社会主义国家，所以我们这些建议是会受到欢迎的。我们国家和人民是一致的，党和人民是一致的，所以我们在关心科学对社会的影响这个问题上，我们中国的科学技术人员可以起更大的作用，我们要关心国家大事，就是这个意思。国家大事联系到我们的业务，联系到我们自己研究的成果。因为我们的工作很可能在某些方面对于我们全国，甚至对于全世界是有影响的，作为一个科学技术人员心胸不应该那么狭小，而是要看到全国、全世界。

第二十三章 钱学森论学术民主

一、发扬科学民主和学术民主
二、学术讨论中的民主和集中问题

钱学森对于学术民主确有不同寻常的理解和非常精辟独到的见解：在科学技术工作中，提倡民主的作风，发扬科学民主和学术民主，这是科研工作的特点和规律所决定的，古今中外，概莫能外。民主和集中是两个相对的概念，是矛盾的两个方面，所以在科学和学术讨论中，除了强调民主的学风，还有一个集中的问题。是不是具有民主作风，敢不敢于发扬民主，是一个思想问题；而会不会发扬民主，善不善于集中，却是一个领导水平和领导艺术问题。民主与集中的问题虽然带有一定的理论性，但更重要的是一个实践问题。在实践中处理好二者的关系，则会互相促进，互为补充。发扬民主需要有和谐融洽的氛围……

一、发扬科学民主和学术民主

要讨论钱学森的学术民主思想，就不能不提到他的导师冯·卡门教授对他的影响。冯·卡门从德国哥廷根大学来到美国加州理工学院以后，把哥廷根的学术民主学风也带到了美国。冯·卡门在加州理工学院每周都要主持召开一次研究讨论会（research conference）和一次学术讨论会（seminar）。这些学术活动的民主气氛十分活跃，不论是专家权威，还是普通研究生，大家一律平等，都可以畅所欲言，发表自己的学术观点，参加讨论。这给年轻的钱学森提供了锻炼创造性思维的良好机会，并使他受益终生。

在一次美国航空学会年会上，钱学森刚刚念完自己的论文，就有一位长者站起来提出不同意见。钱学森不同意他的观点，两人一时争论起来，面红耳赤。事后，冯·卡门问钱学森："你知道你是和谁争论吗？那是大权威冯·米塞斯（von Mises）。但是，你的意见是对的，我支持你。"

冯·卡门教授是权威，可他对学生是完全诚恳的，那时候钱学森

是每星期向老师汇报一次工作,汇报自己一周做了些什么。有一次在汇报讨论中,钱学森与冯·卡门发生了争论。钱学森坚持自己的观点,毫不退让。这使冯·卡门十分生气,怒气冲冲地说:"你这个工作不对,完全错了!"他把钱学森拿给他的论文稿往地上一丢,拂袖而去。老师走后,钱学森默默拾起稿纸,内心并不服气,在科学问题上,他绝不会轻易放弃自己的观点。然而,事后这位世界大权威经过思考,认识到在那个问题上,自己的学生是对的。于是第二天一上班,便亲自来到位于三层楼一个旮旯处钱学森小小的办公室,敲开门,恭恭敬敬给钱学森行个礼,然后说:"钱,昨天的争论你是对的,我错了。"冯·卡门的博大胸怀令钱学森十分感动,并终生难忘。他回国后,一直大力倡导在学术上要发扬民主,并身体力行。

钱学森多次从思维科学的角度分析了民主的学术讨论的重要性。他认为,人的思维是集体的,不完全是一个人的;它受学术集体的影响。1984 年 8 月,他在北京全国首届思维科学讨论会上讲道:"从学术讨论对人的启发作用这个角度来看,也是如此。我感到,我们国家的学术讨论气氛不太活跃。所谓不活跃,就是一个同志在会上讲了之后,没有一个人发言、讨论。第二个人再讲,也是如此。外国的学术交流和我们不一样,一个人作了报告之后,讨论热烈极了,发言各有不同,有的是提问,有的是发表不同意见,有的作补充,有的提新看法。所以过去我曾经想,学术讨论是不是西方的东西? 那个在天文学上有很大贡献的哥白尼,他之所以会提出日心说,据说是得益于他所在的波兰大学里有一个很好的学术组织,大家互相促进,所以他才有那么大的成就。但去年王炳照说,在南宋淳熙二年,吕祖谦在江西信州主持'鹅湖之会',由朱熹和陆九渊等讲论为学之道,辩论甚烈,首开'讲会'之先河。讲会有规定,各种意见都可以讲,不同意老师的意见也可以讲,老师不能骂学生。还有一条是不准在会场之外吹冷风。违反这些规定者,下次不许参加,这是很严肃的! 既活泼,又严肃。"

"当然,我们党提倡'百花齐放,百家争鸣',这确实是非常重要的。据我个人体验,在国外,哪一个学术中心学术讨论搞得好,这个中心的学术成果就多。在学术讨论中,不是每个人讲的都是正确的,错了也没关系。我们中国人现在好像错了就下不了台似的。我认为不然,在讨论中,讲错话,提错意见的人,对于最后得出的正确结论也是有贡献的。"

1987 年 8 月,在一次学术讨论会上,钱学森说:"在学术报告会上不要说各位专家同志们,不要说专家,我们是平等的。我为什么说这个话呢,这一类话我在讨论会上不知道说过多少次。我就是强调学术民主。我们中国半封建半殖民地 100 多年,在以前有封建社会,民主哇、学术民主难得很,真难,那是不是现在就好一点,不见得好多少。搞学术就是认识客观世界、改造客观世界。我们是探索不知道的东西、新东西。那么对不知道的东西、新的东西谁是专家? 谁也不是专家,谁都可能说对了,也可能说错了,只有自由地讨论、探讨才能把问题搞清楚。我觉得我们中国还要努力。学术要民主。我们这个国家民主还要大大地发挥,不民主也不可能科学,这两个是连起来的。我们一定要造成学术民主的风气,这样可以大大地促进我们的工作。"

1983 年底,周扬在《文艺报》编辑部和中国文联理论研究室联合召开的科幻小说创作座谈会上讲道:"记得前些年,我曾在社会科学院主持过一次会议,请科学上很有名气

的钱学森同志讲演。他实际上是不指名地批评了我。他反对我说科学无禁区。他说科学有禁区，反科学、伪科学就是禁区。当时我就认为，他这种精神很好，我是会议主席，他敢于坚持真理，直言不讳，这就是科学精神的表现。讲科学无禁区确实不够严谨，所以后来我想把我的话改为：科学的探索无禁区。”（《文艺报》，1984 年第 1 期）

二、学术讨论中的民主和集中问题

民主和集中是两个相对的概念，是矛盾的两个方面，所以在科学和学术讨论中，除了强调民主的学风，还有一个集中的问题。钱学森认为：“学术讨论要有成效，也不能漫无边际地讨论下去，总要通过讨论和争鸣，在民主的基础上得到大家一致公认的结论，使正确的学术思想和学术观点得到承认和发展。所以这里所说的集中，是针对正确意见的集中，而不是简单的少数服从多数。在学术讨论中，是不能用多数表决办法解决问题的。”钱学森根据自己多年从事科学研究和科研管理工作经验指出：“能否正确地集中，关键在于讨论的主持人，在于主持人的学识和水平，在于主持人驾驭讨论会的能力。而冯·卡门就很会主持这种学术讨论会。”钱学森说：“这种讨论会一次一个专题，先由一个人作主题发言，一位教授，或者副教授，或者讲师，或者研究生，用 50 分钟至多一个小时，讲一个课题，一般讲自己做的工作或别人做的课题。大家静静坐在那里专心致志地听。随后一个小时是讨论时间，会场里谁有什么意见都可以提。最后主持人用一刻钟的时间进行小结：今天讨论明确了一些什么问题，可以得出哪些结论，一、二、三；还有什么问题大家意见不一致，或没有讨论清楚的，也是一、二、三等等，这些问题留待下一次讨论。”

钱学森说：“冯·卡门在 30 年代就是世界名人、大权威。他也跟大家坐在一起，也是即席发言。他也并不是说他讲的就准对，有时讲着讲着，他会摇着手说：‘哎呀，我刚才说的那个不对了，我收回。’就这样实事求是，绝无以势压人。冯·卡门的小结总是高度概括，简明扼要，语言幽默而生动，且富有创造性。参加这种讨论会不仅可学到许多东西，而且简直是一种享受。”他说：“这个事情很难，在国外也不是做得都好。然而一旦做好了，成就必是了不得的。”

1996 年 7 月，钱学森在与成思危教授的谈话时说：“民主集中制，我看不但政治上如此，科学技术上也是如此，你不明人家的意见是要犯错误的，因为你个人的知识总是有限的，但是那些要办的事大家又意见不一致的话，那只好由领导拍板了。人总不能是万能的嘛，总有你不知道的东西，大家提供意见是好事，你不让大家讲，这不好，大家讲了又集中不了也不行。”

是不是具有民主作风，敢不敢于发扬民主，是一个思想问题；而会不会发扬民主，善不善于集中，却是一个领导水平和领导艺术问题。回到祖国以后，钱学森参加的第一项重大活动是制定《12 年科学技术发展规划》。这项工作由周恩来总理亲自主持，聂荣臻元帅等也参与领导。周总理的民主作风和高超领导艺术使钱学森十分钦佩。他回忆说，那时他刚刚回国，许多情况并不了解，他的印象是科学家们对制定这样的规划积极性很高，提出许许多多建议和意见。关于制定规划的原则、项目重点等等，也有很多争论，有时争论得非常激烈。周总理、聂老总他们一方面在大的规划原则上掌握方向；另一方面

在具体项目上又放手让科学家们去讨论决定。关于规划的原则，当时的争论主要集中在按任务来规划，还是按学科来规划。通过充分讨论，最后中央决定以任务带学科作为这次规划的基本原则。这项原则虽然得到多数科学家的赞同，但有一部分科学家，特别是搞基础理论研究的，仍有不同意见。对于这少部分人的意见，周总理也很重视，他在细心听取了大家的意见以后，决定加一章“现代自然科学中若干基本理论问题的研究”。于是这场争论得到了圆满的解决。周总理民主的作风和集中的艺术在这个问题上得到了充分的展示。

参与这项工作使钱学森深有感触，他觉得自己在美国学到的这种在科学工作中既讲民主，又讲集中的作风，与我们的社会主义政治体制是完全一致的，而且做得比资本主义国家更好。因为我们将民主与集中作为一种制度规定下来，这就是民主集中制。

钱学森认为：“民主与集中的问题虽然带有一定的理论性，但更重要的是一个实践问题。在实践中处理好二者的关系，会互相促进，互为补充。只有充分地发扬民主，才会有高度的集中。反过来，正确的集中，体现了民主的意志，使大家都心悦诚服，心情舒畅，这又能促进民主的发扬。因此，对于实施一项需要群策群力的大规模系统工程来说，发扬民主和正确集中就显得更为重要了。所以这种讲民主，又讲集中的科研管理办法，在管理大科学，如‘两弹一星’这样的大规模科学技术工作中，尤为重要。”

周总理、聂老总当年用这套办法管理“两弹一星”工作，十分有效和成功；而钱学森本人作为我国导弹卫星事业初创时期在技术上的负责人，也是运用这套办法，成功地解决了许多管理上和技术上的难题，为我国导弹卫星事业作出了杰出的贡献。

钱学森回忆说：“周总理是当时中央专门委员会的负责人，每次专委会开会，讨论导弹卫星研制工作或发射试验的重大问题时，他总是嘱咐多找一些人参加，让各方面的负责人都能到会，以便全面听取大家的意见。会议往往在人民大会堂举行，座位摆成一个圆圈，使大家感到平等的气氛。有时参加的人多了，圆圈摆成两排。总理总是先让每一个人发言，而他本人却听得十分认真，并不时提出问题和大家讨论。有一次谈到一个问题时，一位技术人员发表意见，总理听后表示说：‘你这个意见好，按你说的办。’秘书马上小声提醒说，这个问题您过去已经批示过了。总理立即提高声音说：‘我批过的事，错了也要改嘛！’”周总理这种民主的作风，令钱学森印象深刻，几十年后，常常以此教育后人。

发扬民主需要有和谐融洽的氛围。钱学森说：“那个时代生活也很简朴。周总理主持开会，因参加的人多，他又听得仔细，甚至某个技术指标或数据，这次汇报如果与上一次的有出入，也会被他立即发现，并要追问什么原因。所以凡向周总理汇报，事先都要认真准备。即便这样，总理也会常常提出一些大家意想不到的问题。这样一来，会议往往开的时间很长，有时开到深夜，甚至凌晨一两点钟。中间加餐，或一碗面条，或两片面包，边吃边谈，气氛非常融洽。吃饭都按规定收款，当时一个人也就是一两毛钱的标准。……人民大会堂的工作人员不认识到会的许多人，但都认识我，所以常常在第二天把加餐费的通知单送到我的办公桌上，我就统一为大家付款，总共也不过10元钱左右。我的工资比别人高，多出点钱是应该的。”当时那种和谐民主、团结互助的气氛，至今令许多人神往。

建立上下级之间的互相信任关系，是发扬社会主义民主的重要问题。钱学森谈道："聂荣臻同志在周总理的领导下，具体组织'两弹一星'事业。他虽为军旅出生，但作风却十分民主，尊重科学规律，尊重科学家的意见。他抓国防科技事业，始终是总揽全局，抓大事：制定有关的方针、政策，组建机构，调配人员，组织队伍，保障条件，组织攻关等等。至于具体的技术问题，他不干预，完全交由科学家负责，听科学家的意见，体现了聂老总对科学家的充分信任。"钱学森讲过，在聂老总手下工作，是他一生中最幸福的一段时光。要执行发射试验任务了，聂老总让他的秘书给钱学森打个电话说："老总明确，这次试验任务，技术上由您负责，零时（即发射时间）确定以后，打个电话报告他就行了。"这个电话虽然简单，但对钱学森来说，既是领导的信任，也是对自己的鞭策，只能做到"万无一失"。

正确的集中需要领导者的学识和胆识。钱学森说："我在基地就是抓各个系统、分系统甚至元器件的负责人，哪里出了问题我就把负责人找来，听取他们的汇报，并根据总的任务要求令他们在限定的时间内解决。如果问题涉及到几个系统，那就把有关人员召集起来讨论，充分发扬民主，最后由我作总结。对意见一致的问题，那好办；不一致的，由我集中、拍板，错了由我负责。"他回忆说："有一次发射，在试加推进剂时，因操作有误，出现一个大问题，即导弹瘪进去一块。当时大家看了都有点紧张，跑来向我报告，我立即爬到发射架上查看，然后回来组织讨论。核心问题是怎么办？能不能发射？发射程序还能不能继续进行？争论很激烈，多数人表示担心，主张停下来，不能发射。但我过去在美国做过这种壳体的研究工作，我认为这是由于试加推进剂后，泄出时忘了开通气阀造成箱内真空，外面空气压力大，压瘪的。点火发射后弹体内的压力会升高，壳体就会恢复原状。所以我主张发射照常进行。"他说："我的分析许多人虽然认为有道理，但他们还是非常担心，司令员不敢在给中央起草的发射报告上签名，那只好由我一个人签名。报告传送到北京，聂老总说：'这是一个技术问题，既然技术上由钱学森负责，他说可以发射，我就同意。'最后这次发射还是成功了。"

钱学森多次向人们谈起我国火箭导弹事业初创时期的情况。他说："党和国家给我这个任务，说实在的，开始我心里也没数。在美国，我懂一点导弹、卫星的事。但也没有真正发射过导弹、卫星，怎么办？只好和大家商量……每个星期天下午把各个型号的技术负责人请到我宿舍去讨论问题。总工程师们都畅所欲言，这对明确问题、解决问题起了很大作用。"他说："我并没有什么高招儿，我的办法就是搞真正的民主集中制。"当然，这话说起来简单，做起来并不那么容易。面对如此庞大的现代大规模科学技术试验系统工程，没有渊博的学识，高超的领导艺术，并能熟练地运用辩证唯物主义，在各种意见激烈纷争的情况下，是很难做到正确的集中的。在航天领域的老一代科技人员都有这样的印象：钱学森主持某一个技术问题讨论会，他在听取汇报和进行讨论时，绝不忽视任何一个技术细节，他敏锐地提出问题，并和你展开讨论。在这种场合，他的作风绝不像一位大科学家，而是像一名普普通通的科技人员。为了一个细小的技术问题、一个数据、一条曲线、一个程序或一个操作，他会和你争得面红耳赤，绝不退让，直到水落石出，才肯罢休。到会议结束前由他作会议总结时，钱学森又表现出一位大科学家的风采。他的小结，往往是来自讨论而又高于讨论，使争论双方不得不心服口服。这就是一位科技帅才的风范。

钱学森离开航天科研第一线领导岗位后，仍然不断提醒新一代领导人要注意“发扬技术民主，实行民主集中制”。1996年7月16日，钱学森在给航天集团总公司刘纪原总经理的回信中写到：“您信中说今年10月将是我国航天事业创建40周年，并嘱咐我写几句话。我对航天事业已经发表过许多文字，现在回想起来，最重要的实在只有一句话：我们航天事业的科技人员在周恩来总理和聂荣臻元帅领导下，贯彻了民主集中制，我们今后仍必须坚持民主集中制。”

第二十四章

钱学森的科技普及观

钱学森投身科学技术事业，在应用力学、喷气推进与航天技术、工程控制论、物理力学、系统工程、系统科学、思维科学以及现代科学技术体系与马克思主义哲学等领域作出卓越的贡献，甚至对现代科学技术的发展产生了极其深远的影响。

翻开科学技术史，我们可以看到，不少杰出的科学家在从事科学研究，作出辉煌成就的同时，也致力于科学普及工作，钱学森更是如此。他不仅是一位杰出的科学家，也是一位热心和善于宣传、普及科学新知识的科普大师。

一、科学普及实际上是一个改造社会的任务

钱学森从切身的体会中深刻地认识到，让人民大众有科学知识，理解现代科学技术，这是非常重要的一件事情，对于促进科学技术的飞速发展，培养和造就优秀的科学人才具有特别重要的意义。科学普及工作是提高广大人民群众素质的大事，也是社会主义精神文明建设的大事。钱学森早在少年时代，就非常喜欢看通俗的自然科学普及读物。特别是爱因斯坦所写的那本《狭义与广义相对论浅说》（这本小册子自 1917 年问世以后，到 1922 年仅 5 年时间，就已出到第 40 版。在 20 世纪 20 年代，世界各国先后出版过十几种文字的译本。）小册子，爱因斯坦以自己对开创物理学新纪元的相对论的通俗而有趣的描述，像磁石吸铁一样吸引住了少年钱学森，直到进入耄耋之年他记忆犹新。就是这本书，不仅使他得知了科学巨人爱因斯坦，而且使他从此立下探索自然界奥秘的大志。

1980年《科普创作》第二期发表了四川省科学普及创作协会周孟璞、曾启智两位同志追溯人类科学文化发展的过程，考察科学普及发展的历史规律，写出的《科普学初探》一文，提出了关于建立"科普学"的问题。这时正值中国科协"二大"期间。钱学森看了这篇文章后，专门会见了周孟璞、曾启智以及中国科协有关同志，进行了一个半小时的谈话。钱学森肯定了《科普学初探》一文的观点。他说："你们提出的科普学，也就是搞好科学技术普及的学问，这是一个大问题啊！'科普学'属于社会科学，是学校教育之外的社会教育。"接着他就世界范围从历史上阐述了科学普及的重要性，对为什么要有科普，什么是科普的对象，科普的内容范围，如何开展科普工作和建立"科普学"等问题谈了自己的看法：科学普及实际上是一个改造社会的任务；科普可使科学技术转变为生产力，科普的一个目的是要使群众掌握科学技术，从而使群众变成现代巨大的生产力，因此，科普的对象是人民群众。他指出科普的内容范围有两个方面，不仅是普及一般的科学技术知识，还需要普及正确的世界观。后来，钱学森对科普的基本内容作了更深刻的阐述，他指出："今天人类发展、进步到这么一个时期，掌握知识、智力，或者说掌握认识客观世界和改造客观的本身才是最根本的，不然的话，你就站不住脚，也不能前进。我们的科普责任也就是这个，这是个需要好好认识的大问题。我们要认识客观世界和改造客观世界，科普就不能只限于自然科学技术的普及。人不了解社会是不行的，我们现在有很多问题，固然有自然科学技术方面的因素，但是很多是由于不了解社会，不知道社会发展规律造成的。提高整个现代科学技术的知识水平是我们科普的任务，现代科学技术就是从人认识世界和改造世界而来的。"

1984年8月31日，钱学森在庆祝中央人民广播电台科普节目开播35周年的茶话会上，再次强调了科普的重要性。他说："没有科学技术知识，很难设想我们怎样来建设社会主义的'两个文明'，最后实现四化。所以，让人民大众有科学知识，理解现代科学技术，是非常重要的一件事情。"

1985年7月30日，钱学森在与中国科普创作研究所和上海科普研究所部分研究人员座谈时又提出，科学普及是科普工作者的社会责任。他说："来自世界的种种信息表明，一个国家如果到了21世纪仍不能科学技术立国，就不能在世界之林立足。美国里根总统提出的战略防御计划(即所谓'星球大战'计划)，西欧17国宣布的'尤里卡'计划，以及日本领先研制第五代计算机，实质上都是一些抢占科技领先地位，企图到21世纪仍能占据世界科技前列的战略部署。因此在我们这个时代，科普工作者的社会责任，就是要使人们认识这个正在急速发展变化中的客观世界。如果不是全体人民对世界的认识达到很高的水平，我们就不可能进入改造世界的自由王国。科普研究，必须研究客观世界的全貌。"

1996年6月，钱学森在一次谈话中进一步指出："小平同志说科学技术是第一生产力。科学技术工作这么重要，但你怎么让人家了解你的工作，支持你的工作？这就需要科普，需要科技人员做科学普及工作。诚然，科普可使科学技术转变为生产力，但要用到生产上去，要去发展生产。"

二、把自己掌握的科学技术知识传授给各级领导干部和广大科技人员

钱学森倡导科学普及，重视科学普及工作，他自己就是这样身体力行的。20 世纪 50 年代他回到祖国以后，总是抓住一切机会，满腔热情通过各种方式，把自己掌握的科学技术知识传授给各级领导干部和广大科技人员。

1956 年 4 月 13 日，刚刚回国不久的钱学森，在由周恩来总理主持的军委扩大会议上向共和国的总理、元帅和将军们谈了在我国发展导弹技术的规划设想。他以科学家的远见卓识，深入浅出的讲解，使人们看到了必胜的将来，赢得与会的元帅和将军们的全力支持。党中央果断决策，要研制自己的战略导弹。同年 10 月 8 日，以钱学森任院长的我国第一个导弹研制机构——国防部第五研究院宣告成立。当时，火箭导弹和航天技术，对我国广大科技人员还相当陌生，钱学森亲自主持开办了“导弹扫盲班”，给年轻技术人员和干部职工讲授《导弹概论》和《星际航行概论》。“扫盲班”一连办了 3 期，占用了钱学森院长很多时间。为了让更多的人掌握火箭和航天知识，他在讲稿的基础上整理出一部 34 万余字的《星际航行概论》，由科学出版社出版，向全国发行。这既是一部针对专业技术人员的入门专著，又是一本优秀的高水平科普佳作。航空航天战线的广大科技人员反映，苏联、欧美有关火箭和航天的科普图书，在知识的翔实、系统和深入浅出方面，可以说都比不上钱学森这本《星际航行概论》。20 世纪 60 年代前期，在我国航空学院的火箭系里，从教师到同学几乎人人都把钱学森的这部佳作列为参阅必备。可以说，正是钱学森的这本《星际航行概论》造就了新中国第一代航天专家。

1961 年，文化部组织六家出版社编辑出版一套给干部、青年阅读的“知识丛书”。其中自然科学部分由原科学普及出版社负责。我国知名的科学家李四光、钱学森、竺可桢、侯德榜、周建人、严济慈、华罗庚、高士其等，都被聘请参加编委会。一贯积极倡导、热心科普工作的钱学森身体力行，积极策划并确定选题、撰写稿件。后因“文化大革命”的开始，致使这套丛书有的书稿终未能与读者见面，有的直到 20 世纪 70 年代前期才得以出版。

1963 年，作为中国航空学会向广大群众普及航空航天知识的桥梁——《航空知识》杂志，其主办单位约请钱学森为第一期撰写发刊词。钱学森欣然命笔，写道：“我国人民在中国共产党和毛泽东主席领导下，发愤图强、自力更生，正在从事于伟大祖国的社会主义建设，我们也一定要掌握全部的现代航空技术！除了建设专业的航空技术队伍外，普及航空科学技术知识也是一件非常重要的工作，而后者就是《航空知识》的光荣任务。”他还写道：“作为一个力学工作者，我的工作与航空技术有着密切的联系，因此对《航空知识》的复刊感到特别高兴，并在此表示祝贺，祝《航空知识》在这一项重要的科学技术普及工作中取得成就。”与此同时，钱学森还指导朱毅麟等几位年轻的科技工作者另外写了一篇介绍星际航行现状和发展的文章，笔名为钱星五，隐含在钱学森指导下五个人合作撰写的星际航行科普作品之意。文章也发表在《航空知识》上。

1964 年 2 月，钱学森在北京友谊宾馆，就如何办好《航空知识》杂志问题，与《航空知

识》编辑部副主任谢础同志进行了谈话,他说:"看你们杂志办得怎么样,有一个很简单的办法,就是把它同西方资本主义的刊物比较,如果你同它们不同,有自己的特色,那就好。"他的意思是指科普刊物在内容上要全面地把科学性、思想性和趣味性体现出来。

1973年夏天,重新恢复活动和出版的《航空知识》杂志社,又向钱学森约稿,希望他支持一下当时百花凋零的科普界。钱学森组织了几位在国防科委情报所工作的中青年科技工作者,合写了一篇题目为《航空·航天·航宇》的长篇文章,发表在《航空知识》1974年1月号上。这篇文章发表时用了一个笔名叫郭放晴,隐含国防科委情报所几位同志合写。在这篇文章里,钱学森首次提出划分三个科学名词不同的概念,即:把在大气层内的飞行活动称为航空,把在地球大气层以外太阳系以内的飞行活动称为航天,把飞出太阳系在广袤无垠的宇宙空间去称为航宇。这是"航天"这个词在中国内地出版物中首次面世。1982年5月,全国人大常委会接受了这个名词,决定将第七机械工业部改名为航天工业部。

1976年初,钱学森致信《航空知识》编辑部,同时寄去朱毅麟同志写的一篇文章,题目是《关于使用"航天"名词》。钱学森在信中谈道"航天"这个词值得推广,朱毅麟同志的文章写得也不错,建议能在《航空知识》上刊用,以广为宣传。这篇文章发表在《航空知识》1976年3月号上。钱学森的支持和朱毅麟的文章客观上对推动我国航天技术名词的统一,起了积极作用。

钱学森一贯坚持运用马克思主义哲学指导自己的科研工作和社会活动,他也经常教导各界年轻同志这样去做。20世纪70年代中后期到80年代初期,他几乎对《航空知识》杂志每年的选题计划都给予指导。他在给《航空知识》编辑部的一封信里这样写道:"我要向同志们检讨!去年我在你刊选题计划上写了'用马克思列宁主义,毛泽东思想的立场、观点和方法,来总结半个多世纪以来航空技术在资本主义国家和社会主义国家中的发展,然后明确我国航空事业的任务。'这个题目显然太大,我又未加说明,使同志们难办!现在我来说明一下……"他在这封长信的后半部分继续写道:"我去年说的总结外国的经验,找出我们自己的出路,主要想的是以上讲的这个问题。不知道这样看问题对头不对头?我向同志们请教,错了请批评。""如果说的是对的,那《航空知识》就要宣传飞机在工农业生产上的应用,就要宣传'土法'造飞机。关于这个'大题目'就说到这里。"像钱学森这样一位大科学家、高级领导人,如此关心和爱护,并具体指导一本科技普及杂志,实属难能可贵。

三、科学的普及往往会开创一个崭新的领域

科学普及的作用,不仅仅在于把深奥的科学知识通俗地介绍给人民大众,科学史上不少事实证明,科学的普及往往会开创一个崭新的领域。20世纪70年代后期,在我国大地上崛起的一门新兴的组织管理的技术——系统工程,就是发端于科学普及。粉碎"四人帮"以后,钱学森和许国志、王寿云等人在交谈中认为,推广组织管理的技术,培养组织管理的人才,是搞好经济建设的关键所在。而系统工程,就是组织管理的技术。于是他们合写了一篇文章,把当时人们还比较陌生,但又十分重要的系统工程,通俗地介绍给广

大职工、干部、科技工作者、经济工作者和各级领导。文章在1978年9月27日的《文汇报》上发表后，果然是“风乍起，吹皱一池春水”。科学、教育、工业、农业、军队等各方面的许多同志竞相学习，不少地方用作培训干部的教材。接着，钱学森等学者们又应邀为中央人民广播电台举办的系统工程节目撰稿，而且钱学森还应中央人民广播电台的邀请，亲自为中央电视台举办的系统工程普及讲座承担了讲稿的组织审阅和讲课的任务。此后，全国各地纷纷开展系统工程的普及活动，而年过古稀的钱学森，足迹遍及祖国的大江南北，仿佛就是一台系统工程科学的播种机，走进机关、学校、科研院所、工矿企业和部队，到处播撒着系统工程的种子；全国十余所高校开辟了系统工程的教学和研究工作；中国系统工程学会应运而生。而今，系统工程在神州大地方兴未艾，在经济建设中已发挥了组织管理的效能。

学术界一致公认钱学森是我国系统工程的开拓者。1981年3月12日，中国科学技术协会、国家出版事业管理局、中央广播事业管理局和中国科普协会四个单位联合举办的“新长征优秀科普作品”（1976年10月至1979年12月发表的作品）评奖活动举行了颁奖大会，钱学森等的《组织管理的技术——系统工程》获得一等奖，同时还获得上海市“新长征优秀科普作品奖”。

四、希望有更好的科普作品问世

钱学森曾在一次讲话中说：“文学和科学技术的结合，美术和科学技术的结合，电影、电视、广播这一些跟科学技术的结合，就能使我们科学普及工作有更大的、更好的效果。要达到更好的效果，就很有必要动员我们的文艺工作者跟我们一起搞。”1981年他还讲过：“在中国科普家中，我喜欢高士其同志的作品；在外国科学文学家中，我喜欢美国的雷希尔·卡逊的作品……后者似有中译本叫《寂静的春天》，他的作品是把科学同文学中的散文融合在一起了。”他指出：“我向往的是这类高级作品，它代表了科学与艺术结合的光辉前景。据说，国际上知名的中国血统作家韩素音也在讲，科学与艺术的结合是新方向。”在这里，钱学森希望科学普及的手段和方法更加灵活多样，形式更加丰富多彩、喜闻乐见。他为科普读物的写作提出了更高的要求，同时也表达了他希望有更好的科普作品问世的强烈心愿。

普及科学技术的手段以科普美术最为直观、通俗、有趣，因而受到广大人民群众的广泛欢迎。1980年，钱学森在一次讲话中明确指出：“我觉得美术工作者有广阔的园地可以做工作，一个园地就是把科学技术上能够实现，但现在还没有做出来的东西，用画面把它表现出来，这叫做科学画吧……比如说月球上是怎么回事，你说了半天并不形象，你若画张月球的景象，那不是很形象吗！现在有一些探测器到火星上去了，火星也怪，天不是蓝的，而是红的，那你画一张火星的景象嘛。再有，我们要建设一个大工程，现在还没有建设起来，设计图已经有了，是不是可以画一个建成的情况。这样的画是可以教育人鼓舞人的，也是一个很生动的科学技术普及教育。”

1982年2月，钱学森在自己的办公室专门就科学与美术结合的问题，同科普美术家张博智同志进行了一次长谈。钱学森首先说：“你的画我看了不少，耐人寻味，很有意思。

可是有时画得有些粗，出现大笔触……”这几句话，就使张博智心悦诚服了。这位蜚声中外的大科学家对一个普通美术编辑的作品，竟然了解得如此细致，并切中要害地指出了其中的不足之处。

接着，钱学森又意味深长地说：“你们作为艺术家就要搞懂绘画历史和各种流派画法，才能进行借鉴。搞艺术不像搞数学那样，3 + 1 = 4 有个公式。搞艺术很难，要知难而进，要坐下来系统研究。”

然后，钱学森把话题转到美术与科学的相互关系方面说：“我呼吁过科学与美术结合的问题。你们搞美术的，要参加科学试验工作，主动为科学研究服务。在实际工作中，用艺术为科学服务会更生动些。四化建设需要科学在前，科学与艺术结合，需要我们共同努力去实现……”

钱学森还风趣地比喻说：“我喜欢艺术但又不会作画，若会画画就给我插上了翅膀。”钱学森在谈话中的幽默比喻，给张博智很大启发。

科普宣传的选题至关重要，要想收到良好的效果，必须要根据科普形式和科普对象的层次来考虑。20 世纪 80 年代前期，钱学森在给中央人民广播电台《科学知识》节目组宋广礼同志的一封信中着重谈了这个问题。信中说：“科学发展的大方向和主流，是重要问题。《科学知识》节目要讲现代科学技术的宏观趋势，人认识客观世界有哪些主攻方向……我国广大干部尤其需要这方面的知识。”

1986 年，钱学森在编写国防科普丛书的报告上更具体地指出：“我希望他们在书上能体现辩证唯物主义和历史唯物主义，不要只就技术讲技术，要看得远一些。应该讲讲系统工程和 C^3I 等。”这些意见无疑给科普创作进一步指明了方向。

五、研究科学普及工作的规律

研究科学普及工作本身到底有哪些规律性的东西，科学普及中有哪些特有的概念和范畴，它的结构层次如何？搞清这些规律、概念、范畴和结构层次应该如何表述，才能有的放矢地促进科普研究的发展，促进科学普及工作的开展。1986 年 7 月 17 日，钱学森在给科普工作者王天一同志的信中全面阐述了科普工作的三个层次。信中说：

> 我近来同中国科协的同志谈，科学普及工作在今天已有发展：可以分为两大方面，一方面是大面积的科普，另一方面是对广大机关工作干部的科普。前者又可分为农村及小集镇的“大农业”（即农、林、牧、副、渔、工、商贩、运输）的科普，和为城市的“大工业”（即工业生产、第三产业）的科普。这种大面积科普对提高劳动生产率关系极大，可以大大提高生产技术，叫产值翻番。这方面我们不是发明人，我们是从资产阶级那里学来的，但我们要加以发展罢了。现在这项重要工作由省、市、地、县、乡的科协在抓。科技工作者的任务是提供教材。
>
> 后一方面对干部的科普，也可以归入干部的继续教育，这也非常重要，“科盲”是当不好干部的。这里也是一个提供教材的工作；科协出版的《现代化》杂志可以进一步充实为面对干部的科学教育刊物。我以前称此工作为“中级科普”。

从前，我还有一档，叫“高级科普”，即为了科技专家们了解非各自领域的新发展，以开阔思路用的。我现在看，这个名称太宽泛，没有表明其特性，所以应改为“宏观学术交流”。

这样经典意义的科普是上面讲的大面积科普，对象在我国有几亿人。派生出来的是对干部的科学教育，对象有千万人。至于宏观学术交流，那不是科普，是一种跨学科、跨行业的学术活动。

科普宣传和科技推广，是利用各种宣传形式和推广手段来普及推广各种科学技术知识的活动，它要直接与普及对象见面，它与生产实际联系最紧密。怎样提高科普宣传的质量和科技推广的效果，不是一件简单的、低层次的事，是一个值得研究和探讨的问题。

1996 年 6 月 17 日，钱学森在家里会见四川绵阳市从事科普工作的汪志同志时，以他的亲身经历和体会，兴致勃勃地畅谈了一个多小时，强调了科普工作的重要意义，并着重说明，科普工作的要害是要让人喜欢看，听得懂。他说：“做好科普工作并不那么简单，科技人员要把一个专业化的问题向外行人讲清楚并不容易。我在美国那么长时间，知道他们那里没有这个本事不行。美国的科研人员要争取基金会的经费支持，就要参加董事会的会议，向董事们作 10 至 15 分钟的讲解，在限定的时间里把他要报告的事情讲清楚，要不他就得不到经费。这就是一个社会要求，也是一种压力。要求科技工作者对不在行、不懂的人介绍你的工作，我觉得是很需要的。但是许多很有学问的人为什么做不好呢？一般说是口才问题，实际上是不会用非本行人的思维逻辑和通俗易懂的比喻，用形象的语言来表达你要说的科技问题。前几年有这样一件事，豆科植物的根部有固氮的根瘤菌，有位同志想把它移植到其他植物上，像麦子什么的，这对粮食增产有很大的作用。他搞出了成果，写信告诉我某日某时电台要广播。我特意听了，结果是一点儿也没讲清楚怎么回事，让人听了莫名其妙，这就是一个问题。你至少要让人家听懂百分之七八十吧？我始终认为我们社会主义国家这样子是不行的，我们的科研体制对科技人员缺少这方面的压力。我们国家重视出成果是对的，但还要重视培养科技人员三言两语讲清问题的能力，要培养这样的人。”

钱学森曾呼吁中国科协等单位要注意培养专门的科学记者，同时也希望广大新闻记者要多与科学家交朋友。还具体地指出，记者学习科学知识要过两关，一是“行话关”，二是“目录学关”。学了目录学还要弄清各学科、各门类之间的相互关系。他说：“在学习科学知识方面，对记者的要求不能像科学技术工作者那样……但是，记者了解的面应该很宽很广，这主要是指当代科学技术的方向、内容、目的和问题。”钱学森的这些建议，对我国科技新闻报道、科普宣传和科技推广是很有参考价值的。钱学森学识上的博大精深，事业上的卓越贡献，可以说众所周知。他在进行高深的专门知识研究的同时，不拒涓涓细流，坚持从科普中吸收新的知识。1978 年春天，他读了徐迟同志著名的报告文学《哥德巴赫猜想》等之后，对蓬勃兴起的科学文艺给予了很高评价。他说：“我们文艺界的同志，有志于表现科技领域，这对于中国，对于世界，都会有很大影响，也是‘尖端工程’。”他在读了黄宗英同志的《大雁情》之后说：“黄宗英同志的《大雁情》写得好，把科学家心中内在的东西刻画得很好。”1980 年，年逾古稀的钱学森每日黎明即起，坚持收听中央人民广

播电台6点钟的《科学知识》讲座,数年如一日。电台的同志疑是传闻,偶然一个机会,当面请教钱老:"今天早上《科学知识》节目讲的是什么内容?"钱学森脱口而出:"讲的是南京紫京山天文台的趣事。"面对这一回答,问者惊讶不已,听者感慨顿生。钱学森这种追踪新的科学信息和科学知识的激情,着实叫人钦佩。真可谓"山不厌尘,故成其大;海不厌细,故成其深"啊!

早在26年前,钱学森就号召:"一定要把科普当成一项伟大的战略任务来抓。每一个科协的会员,每一个科学技术工作者都有科普的责任。"祖国和时代赋予我们的使命,必将由一茬又一茬的新人,继续推向前进!

第二十五章

一、钱学森倡导并推动了自然科学与社会科学联盟
二、关于自然科学与社会科学的联盟理论思维
三、社会科学家应该学习运用自然科学家的研究方法

推动自然科学与社会科学联盟

客观世界是一个整体。自然界是个整体，社会是个整体，自然界与社会是一个整体或巨系统。科学的发展，先是分化，然后是综合发展，这是一种必然，也是科学和技术发展到现在阶段的必然结果。钱学森倡导并大力推动的自然科学与社会科学联盟，是一项具有深远的战略意义的紧迫任务。

一、钱学森倡导并推动了自然科学与社会科学联盟

钱学森在1980年3月25日《光明日报》发表谈话提出，自然科学、社会科学工作者合作，共同解决国民经济中重大问题具有广阔前景。他认为，自然科学和工程技术工作者进入社会科学领域，和社会科学工作者一道，共同解决国民经济中的一些重大问题，这是现今我国科学技术发展的一个新趋向。这种合作，具有广阔前景。

早在20世纪70年代后期，钱学森就积极主张自然科学和社会科学工作者进行协作，研究社会科学领域中的问题。他说："把自然科学、工程技术的方法运用到社会科学的研究中去，可以促进社会科学的发展。有些国家这样做已经多年了。在我国，现在也具备这样的条件，首先可以从系统工程入手来做。这是因为，系统工程方法经过50年代到70年代的发展，已经变得比较成熟了，我国国防尖端技术的实践也证明了这一方法的科学性；另一方面，我们国家在诸如科学管理等方面也迫切需要这个方法。"

钱学森具体地分析指出："自然科学研究物的因素的相互关系，社会科学则研究社会中各种因素的相互关系。尽管分析研究社会现象较之自然现象更为复杂，但它们总是有规律可循的。找出它们的规律，就可通过计算，定量地处理系统内部的关系，就可以科学地预见事

物的发展趋势。比如人口预测，只要掌握了人口统计规律，又会用数学工具，计算并不困难。又如国外甚至有利用系统工程的方法研究文学的。社会科学过去侧重于定性研究，运用现代自然科学方法，就可以把定量研究和定性研究结合起来，这将大大推动社会科学的发展。”

钱学森说：“我们的社会科学领域有许多需要研究的问题，社会科学家们迫切希望得到解决；而自然科学家、工程技术人员们掌握了一些方法，可以用于社会科学。”他在谈到这一点时强调说：“双方结合起来，互学所长，互补所短，开展大协作，这是一个好办法，一定会为四化作出更多的贡献。这种合作已经开始了，除了人口研究外，还有人才学研究等方面的一些例子，前景是令人鼓舞的。有朝一日，我国将涌现出一批为建设社会主义绘制蓝图的‘社会工程师’。”

钱学森还认为，不能把社会科学排除在现代科学技术这个概念之外，而应该把它同自然科学、工程技术一样，作为科学技术的一个不可缺少的组成部分。鉴于科学技术发展的新趋向，他主张对今后社会科学人才的教育进行必要的调整。社会科学工作者除了学习社会科学的专门知识外，还要具备一定的自然科学和工程技术知识，以便在他们的研究工作中，更好地运用现代科学技术的新成果。

1980 年 6 月 17 日，钱学森在国家计委所作的报告的最后部分，专门对社会科学工作者和自然科学工作者、工程技术人员的结合问题作了论述：“自然科学工作者和工程技术工作者进入社会科学领域，和社会科学工作者一道共同解决国民经济中的一些重大问题，是当代经济工作发展的新趋向。”“我们搞社会工程，不能只靠工程技术人员，而是要我们的社会科学工作者和自然科学工作者、工程技术人员携起手来，共同发展和从事这项工作，共同为现代化事业作出贡献。这也说明不能把社会科学排除在现代科学技术这个概念之外。社会科学同自然科学、工程技术一样，是科学技术的一个不可缺少的组成部分。马克思主义哲学，就是社会科学和自然科学的高度概括。社会科学家、自然科学家、工程技术专家要结合起来，互学所长，互补所短，开展大协作，建立和开展系统工程的各方面工作，创立和发展系统工程的各方面理论。要造就一大批系统工程师、系统设计师、社会工程师、社会设计师。”他还对社会科学工作者提出了具体要求：“社会科学工作者应该具备一定的自然科学和工程技术知识，以便在他们的工作中更好地运用现代科学技术的新成果。”（《论系统工程》，142 ~ 143 页）

钱学森多次引用过马克思的一个预言：“自然科学往后将包括关于人的科学，正像关于人的科学包括自然科学一样：这将是一门科学。”（《1844 年经济哲学手稿》，人民出版社 1985 年版，第 85 页）。列宁也曾指出：“从自然科学奔向社会科学的强大潮流，不仅在配第时代存在，在马克思时代也是存在的。在 20 世纪，这个潮流也同样强大，甚至可说更加强大了。”（《列宁全集》，第 20 卷，第 198 页）科学发展的历程，完全证实了这些远见卓识的结论。当代科学发展的一个突出的表现，就是社会科学和自然科学的“联盟”趋势。社会科学和自然科学、人和自然之间的鸿沟正在缩小。

钱学森倡议自然科学和社会科学联盟的思考根源来自三个方面：其一是作为一个自然科学家，特别是一名工程技术专家，直接投身社会主义建设实践的体会；其二，是他在

归国以后多次与毛泽东的谈话，毛泽东多次指点他要投身社会实践，要与广大工农兵群众相结合，科学技术要为建设社会主义事业服务，要解决社会主义建设中急需解决的问题等；其三，从理论方面讲，钱学森的这一思想直接来自于马克思主义哲学和马克思主义的科学精神。他深刻地理解了马克思主义的科学精神与自然科学的科学精神的区别，就在于马克思主义的科学精神不仅继承和发扬了自然科学的科学精神，而更主要的是表现在认识社会现象的过程中。在我们的工作中，既需要有认识自然现象的自然科学的科学精神，也需要有认识社会现象的马克思主义的科学精神。由此可见，他大力倡导和亲自推动自然科学和社会科学联盟的思想，不仅经历了长期的实践考验，而且具有科学的理论根据，是理论与实践相结合的产物。

1988 年，钱学森在中国科学技术协会成立 30 周年纪念大会上的报告中发出号召："我们应当大力促进自然科学和社会科学的联盟。现代科学本身是统一的。对自然科学的内在规律和外在条件的研究要介入哲学社会科学领域。当代哲学社会科学的研究离开了自然科学的基础，就形成不了跟上时代发展要求的有真正价值的学术思想。自然科学工作者应当学习必要的哲学社会科学知识，作两科联盟的促进派。"他还说："我们促进了自然科学和社会科学之间，自然科学内部各学科之间的交叉渗透，在新的生长点上推动了交叉和边缘科学的发展"。

钱学森在担任中国科协主席期间，为了进一步顺应世界科技经济发展的潮流，促进我国科技、经济、社会的发展，积极倡导，并与哲学和社会科学界的著名学者反复酝酿、协商，于 1988 年 9 月建立起了自然科学和社会科学联盟工作委员会，旨在为自然科学和社会科学的交流与合作作出贡献。

著名科学家钱三强在《两科联盟，促进科技、经济、社会协调发展》一文中讲到："'联盟'成立后即致力于围绕我国当前社会发展中的重大问题开展学术探讨。首先确定了以'发展中国家的发展问题'为主题进行研究，去年从研究粮食问题开始，围绕这一课题，组织了自然科学和社会科学的著名专家学者参加的多次学术讨论会……讨论会对我国粮食生产的形势，深化农村经济改革，增加投入，提高效益和发展现代化农业科技等问题作了比较深入的分析和探讨，并在此基础上提出了'关于深入改革农业和粮食管理体制的建议'，受到了中央领导同志的重视。为了提高全社会对现代科学技术的认识，全面深刻地认识科学技术在社会主义精神文明建设中的地位和作用，'两科'联盟委员会又广泛联合哲学、社会科学、管理科学和文艺界专家举办了'科学与文化'论坛。经过讨论，大家认识到，现代科学技术不仅是物质文明建设的强大动力，而且是人类文化的重要组成部分。在当今，它是代表一个民族文明水平的重要标志，作为一种观念形态和知识体系，对人们的精神生活，包括价值观念、行为准则、伦理道德、文化形式和理论思维都有着深刻的影响……这一论坛开办以来，受到了社会各界的广泛欢迎和支持。我们还将继续将这一论坛办下去。"

1991 年 10 月 17 日，钱三强在接受光明日报特约记者采访时，回忆起"联盟"组织举办"科学与文化论坛"一事，告诉记者："这是钱学森同志倡导的，他让我当负责人，我自感不能胜任，他就每次都到会支持、指导。"这个"论坛"从 1988 年开始，先后开展了科学与

教育、社会科学与文化、科技与马克思主义、新技术革命与21世纪等重大学术研讨，其重要作用就是推动科学技术队伍成为社会主义精神文明建设的生力军。

1990年3月17日，钱学森在全国政协科技委员会全体会议上讲到："科学技术的应用研究和开发要靠国内环境。这也就是说，科学技术并不会自然而然地变成生产力，我记得在中国科协第三届常委会1988年的一次会议上，科协副主席、浙江大学校长路甬祥说'科学是生产力'，但要注意，科学技术不是自然而然就会变成生产力，很重要的是靠整个社会经济的运行机制。我最近也跟几位同志谈到这个问题，这些同志都认为，既然一方面我们认识到科学技术是生产力，而且是第一生产力，这么重要，那么我们就要请我们的党和政府注意，治理整顿、深化改革的措施，要从长远看，有利于发挥科学技术是第一生产力的作用。这是要真正的实现'科技兴国'。我讲这些，是说我们这些人都是搞自然科学、工程技术的，但要认识到仅有自然科学和工程技术的知识是不够的，要把科学技术变成第一生产力，还要靠社会科学。所以中国科协有一个促进自然科学和社会科学联盟工作委员会，钱三强是主任，我认为这个联盟的工作是很重要的。因为这是大科学技术，不是以前那种概念的科学技术。小平同志讲科学技术是第一生产力，实际上是讲大科学技术，是包括社会科学在内的。但钱三强同志的工作不好做，社科界有些同志恐怕太脱离实际了，老是在书本上钻来钻去，而书本上哪有治理今天中国国内环境的现成答案！所以我们要促一下这个联盟，要联系实际，我们搞自然科学技术的人，在这一点上恐怕是好的，我们知道不能议论来议论去，要跟实际结合，起码同实验在一起。"

二、关于自然科学与社会科学的联盟理论思维

1. 自然科学与社会科学分化

科学的发展经历了综合—分化—综合的过程。考察一下科学发展历程便会发现：人类祖先认识事物，乃是从总体的联系上把握对象的，这是一种原始"整体式"的研究方式。尽管这种认识尚处于混沌状态，或不配科学的美称。宇宙是一个统一的整体，科学乃是人与自然的通信、人与自然的中介、人与自然的"综合"。近代科学把宇宙间的事物进行分门别类的研究，科学越分越细，新学科、新分支、新门类越来越多。这种"分析"方法，把人类对世界的"朦胧"认识转向"精密"，并达到空前的广度和深度。这是一大进步。然而，随着科学的划分和割裂研究，又使人们失去了对全面的了解。因此，人们越来越感到有必要重新全面、综合、系统地认识客观世界，重构"整体式"的研究方式。这种"回归"，不是简单的重复，而是人类重新认识自己后的反思和抉择。

"科学"一词，是日本明治维新初期为翻译"science"一词而新造的。1897年后，"科学"一词传入中国，就其词义，实为分科之学，与西文的"branches of learning"相同，而科学的西文原意是关于天(自)然现象及其相互关系之有秩序的知识。科学的发展使其成为追求理性和实证的知识体系，而今天的整体科学则是人类群体求知活动极其成果体系。因此，整体科学包括自然科学技术和社会科学技术。

2. 自然科学与社会科学的联盟

马克思曾经预言，科学将沿着逐步克服自然科学和人文科学相互对立的方向发展，

最终导致一门统一的科学的建立。列宁通过其《唯物主义和经验批判主义》一文，深入地分析了自然科学和社会科学的相互关系，进一步提出自然科学与社会科学联盟的课题。科学技术的飞速发展，实现联盟的潮流已不可阻挡！

耗散结构理论的创始人普里高津在《对科学的挑战》等论著中多次指出，从牛顿发表《自然哲学之数学原理》到现在，已经过了300多年，科学以难以置信的速度得到了发展，并越来越深入我们的生活。我们正处于伽利略、牛顿以来另一个重要的科学革命时期。特别是20世纪以来，人与自然的关系发生了深刻的变化。人本来是自然的一部分，人和自然有一个古老的同盟，但是，随着经典科学的建立，人与自然的同盟破裂了，形成了两个世界、两种科学、两类文化。现代科学则要重新把二者统一起来，建立人和自然新的同盟。在耗散结构理论的代表作《结构、耗散和生命》一书中，普里高津开宗明义地写道："生物学与理论物理学之间仍然存在着巨大的鸿沟。"他提出耗散结构理论的目的在于"能够使生物学与物理学之间的鸿沟缩小"，并进而使社会科学与自然科学、人和自然之间的鸿沟缩小。

协同论给我们启示：无论自然科学还是社会科学，从表面上看，支配着各门学科的现象和理论虽不相同，但深入地考察和研究表明，由完全不同的子系统所构成的系统，在宏观结构上所产生的质变行为（如从旧结构转变为新结构的机理）则是相同的。无论自然科学还是社会科学，总是不断发展，不断革命的。现代科学（包括社会科学）正进入了总体革命的状态。科学理论框架的总体变革，它把以往的科学学科"整编"为现代科学母系统的一个子系统。现代科学革命，不仅重新描绘出全新的科学世界图景，同时，科学理论结构重建的"秘密"也第一次被真正揭示——科学不再是被描述为某种终极真理或规律，而是一种历史的辩证的发展过程。

自然科学与社会科学的关系问题是人们目前比较关注的一个重大问题，国外在20世纪30年代就开展了这方面的研究工作，我国起步比较晚，直到20世纪80年代，在钱学森等著名科学家的大力倡导下，才开始了研究。改革开放20多年来，在我国现代化建设中许多重大的综合建设任务，已经不能单靠自然科学来解决，如生态平衡问题，南水北调问题、能源基地的建设问题、国土整治问题、三峡水电建设工程问题，都不能没有社会科学工作者的参加。

在我国，自然科学和自然科学家已经开始走出了实验室，开始奔向社会、奔向社会科学，而奇怪的是，面临这种挑战，我们的社会科学和社会科学家面对两大科学的联合却举足不前。当然，自然科学奔向社会科学的"通道"要多一些，但社会科学奔向自然科学也并非无路可走，比如科学史、科学哲学、科学经济学、科学社会学等学科领域，可能就是社会科学通向自然科学的桥梁。另外，还有自然辩证法、人才学、科学心理学，以及许多"社会—自然"现象和边缘科学领域，都是社会科学可以"插手其间"的。其实，正如法国艺术大师罗丹所说："美是到处都有的，对于我们的眼睛，不是缺少美，而是缺少发现。"对于社会科学通向自然科学抑或两大科学融合的研究领域，也是"到处都有的"，问题恐怕在于我们"缺少发现"。

我们应当看到，当代社会科学与自然科学的联盟是大势所趋。日本著名学者玉野井

芳教授甚至认为"自然科学可称为'自然的社会科学',社会科学可称为'社会的自然科学'。"由此可见,试图把自然科学与社会科学永远截然分开,画地为牢,各自为政,互不买账,凡是有这种头脑的人,是决不会站在历史的高度来全方位地俯瞰科学总体的发展的,而保持自我封闭的"亲本研究",是谈不上有什么发展前途的。当代科学乃是大科学、大系统。在这个系统,如果说"骑士风度"早已作古,那么,两大科学"鸡犬之声相闻,老死不相往来"的状况也行将结束。

对于我们社会科学(包括哲学、人文科学)工作者来说,目前正面临着一场严峻的挑战。如果说我们社会科学的"先天不足"是一个全球现象的话,那么对于长期承受儒家思想余荫,在中国传统文化背景下成长起来的中国学者来说,尽管他们吸取了现代文明,尤其是马克思主义科学观的营养,但总体来说,对迎接现代科学总体革命狂飙的思想准备并不充分,所以,他们很有必要学习和吸收现代自然科学领域里的那种执著的追求精神和批判的理性精神。追求真理、探索科学奥秘,绝对没有理由退却,也不许要虚无的虔诚,需要的是百倍的自信、千倍的激情、万倍的理性。用笛卡儿的话来说:"我思,故我在!"

3. 自然科学与社会科学如何联盟

为了促进自然科学与社会科学的联盟,首先应该做好以下几方面的工作:

(1)应加强对建立自然科学与社会科学联盟的意义的宣传,从理论上和事实上加以阐明,以提高广大自然科学工作者和社会科学工作者的认识,扫除建立两大科学联盟的思想障碍。

(2)把自然科学家和社会科学家组织起来,共同研究一些比较复杂的课题。通过这种实际的研究任务来建立自然科学与社会科学联盟。在这方面,钱学森已经为我们开了一个好头。1990年,钱学森、于景元、戴汝为在《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》一文指出,在生物体、人体、人脑、社会、星系等各类复杂的巨系统中,社会无疑是最为复杂的巨系统。文章认为:"现在能用的、唯一能有效处理开放的复杂的巨系统(包括社会系统)的方法,就是定性和定量相结合的综合集成方法。"这种方法的实质就是"将专家群体(各种有关的专家)、数据和各种信息与计算机技术有机地结合起来,把各种学科的科学理论和人的经验知识结合起来",运用系统科学的思想和方法对要研究的复杂系统建立模型。通过对模型的研究所得到的结果,再经有关专家共同分析、讨论,判断其可信程度……直到各方面的专家都认为结果可信时,才得出结论。这里所说的"各种有关的专家",就包括了自然科学家和社会科学家;所说的"各种学科的科学理论",就包括了自然科学中有关学科的科学理论和社会科学中有关学科的科学理论。

现在在我国,自然科学研究和社会科学研究分别属于中国科学院和中国社会科学院。科学要发展,社会要发展,需要"两院"加强联系,有计划地有目的地组织自然科学家和社会科学家共同研讨一些综合性的社会问题,这既能有效地进行研究,又是建立自然科学与社会科学联盟的一种切实的途径。

(3)建立各种形式的自然科学与社会科学联盟,应有兼通文理的科学管理人才和科学领导人才,也需要有兼通文理的科学研究人才。使人才培养和建立自然科学与社会科学联盟的需要,相互配合和适应起来,应是当前教育部门的一个重要着眼点。在学校教

育中，让学生在打好专业基础的同时，拓宽知识面，兼有文、理知识，使他们的眼光不囿于自己的专业，这将有助于开阔思路和眼界，能够更清楚地理解自己所学习的专业在整个科学事业中的地位和对于社会主义建设的作用；也有助于在自然科学与社会科学的交叉领域里，比较敏锐地提出那些有可能成为科学发展增长点的课题；并能比较明确地论证课题的现实意义和理论意义，它的经济效益和社会效益，以及实际的可行性，等等。这对促进自然科学与社会科学的联盟，将会起到实际的有益作用。

钱学森在1988年3月9日《人民日报》上发表的《促进社会科学与自然科学联盟——谈用"定量定性相结合系统方法"研究初级阶段理论》一文中说："我们现在一说科学技术，好像不包括社会科学，好像社会科学理论是独门独院，自然科学与社会科学是分家的，这说不通。研究社会主义初级阶段理论，光靠现在的社会科学机构是不够的，要促进社会科学与自然科学的联盟……大家都知道，所谓近代科学的研究，是把现象分割，进行单项实验。工程技术如导弹的研制，都是先分解开然后综合。自然科学取得这么大成就，都是用这个方法。但这个方法用于社会科学行不通，因为这里研究的对象是人类社会，而人类社会不能切块。现在社会科学的文章，你说一大套道理，他说一大套道理，常常是概念、术语上的纷争。死抠书本，字眼上转来转去，属于思辨，这不行，说明社会科学还没有一个科学的研究方法，类似牛顿以前没有微积分一样……现在我们找到了一个方法，这就是'定量与定性相结合的系统方法'。中央领导同志多次说，改革是复杂的社会系统工程。什么叫复杂的系统？人本身也是复杂系统，社会更复杂。社会是由人组成的，有人的主观因素作用，知道了消息之后还要思维和判断，这叫社会系统。搞清社会系统很不容易，描述它要有几百个、上千个参数，只用十几个、二十几个就简单化了，硬要简化就会加进主观想象的东西。运用系统方法已经有了成功的例子，例如航天部七一〇所对国民经济发展形势的年度预测分析以及粮油倒挂问题的测算。对那些测算，中央领导同志曾经给予充分肯定，评价很高。当时七一〇所同志们，一是依靠了各方面经济专家们的知识、经验；二是周密收集了有关数据、信息；三是由此确定了理论模型，运用计算机算。有了这三个要素，结果很成功。数据是实实在在的，又加了人的智慧、经验、判断，这就是定量与定性相结合。这种方法，我认为是符合马克思列宁主义实事求是精神的。可以说这就是社会科学的'微积分'，这才是真正的软科学。软科学不是硬碰硬，软就软在人的智慧、技术上能解决这个问题。组织起来这么去干，用这个方法来考察世界的变化，考察国情，制定战略方针，面向21世纪。"

中国软科学研究会理事长、全国人大常委会副委员长成思危教授推崇钱学森关于自然科学与社会科学正在实现一体化的观点，称钱学森提出的"从定性到定量综合集成方法"是迄今为止最值得重视的方法。

三、社会科学家应该学习运用自然科学家的研究方法

钱学森倡导自然科学与社会科学联盟的重要思想之一，就是希望社会科学家能够向自然科学家学习他们先进的研究方法，来推动社会科学现代化的进程。

1. 社会科学家的研究方法

中国的社会科学家的治学方法论经数千年的锤炼,已经形成完整的体系。简要地说,动机目标方面已经形成"格物、致知、诚意、正心、修身、齐家、治国、平天下"等;方法上包括博学、慎思、审问、明辨、笃行等;从思维上说有"毋意、毋必、毋固、毋我、毋剿说、毋雷同"等等。搞了几千年,似乎仍然没有老子、孔子博大精深。原因在于千百年来的学者都局限于研究已有知识,衍义也好,发微也好,都在如来佛的掌心中。从学者型研究生到学者,研究过程大体一致:收集资料,分析资料,写出心得。功夫在于对资料的分析,社会科学工作者的研究方法的核心是思辨方法。

社会科学家研究大多运用两种思辨:一是最大限度地综合、概括、抽象。综合各家学说,概括各国研究情况,找出趋势和规律。二是最大限度地演绎、引申、发挥。用哲学观点演绎推理是最常见的:多种矛盾、主要矛盾、矛盾主导方面、矛盾转化等等。

2. 自然科学家的研究方法

自然科学家是面对未知问题,并要实实在在去解决的。自然科学家首先是没有现成的资料,已有知识顶多能提供一些借鉴,需要探索;其次是对解决问题的尝试要进行检验,严格测定,不能像社会科学家那样通过思辨推理来解决问题。

从科学家型的研究生到科学家,研究过程也大体一致:提出未知问题,尝试解决,检验并得出结论,然后提出或发现新的未知问题。这个过程显示出科学家永远处于探索未知问题的过程之中。

自然科学家也要思辨,但与社会科学家的思辨有显著不同。第一,分析和综合两种思维方法都要用,但主要靠分析研究事物,不断深入事物的内层。第二,归纳和演绎都要用,但主要靠归纳。

自然科学家对于思辨的结果,总要千方百计追求实证。这是方法上与社会科学家最大的、最本质的不同。因为"科学"的含义就是准确、严格、可靠。它的身价不在于说它如何了不起,而在于用它去解决问题时真实地了不起。台湾学者杨国枢等著《社会及行为科学研究法》一书对科学的界定:"科学是以有系统的实证性研究所获得的有组织的知识。"并说:"只有从证实性研究获得的知识,才比从经验、神学、论理学、哲学等其他途径获得的知识更正确可靠。"科学曾纠正了人们对自然、对社会的许许多多来自经验及逻辑推理的错误结论。假如单纯依赖思辨,便可能依据旧观念中的错误结论继续往前推理而走得更远,因而纯思辨的产物不能算是科学。

自然科学家面对人类未知难题,不仅专攻一点,而且要把某个特定的因素隔离出来,控制条件,孤立的、静止的、定性的、定量的研究,然后才研究各因素间的联系。科学研究方法中,更为独特而有效的是打破常态进入事物深层。常态下的事物,靠观察和已有知识就可以说明,而事物深层的机理,不用极端的手段是无法得知的。科学家们往往为了打破常态,刻意创造了超高温、超低温、超高压、超真空、超导、超密、超薄、失重、核裂变、核聚变等各种极端方法,从而揭示出物体深层的特性,获得了崭新的知识。这就是说,科学不停留于常态、常识、常理,要深究事物,冲破已有知识的束缚,走向极端去研究是很有效的途径。

也许有人质疑：自然科学诚然如此，社会科学则不行。这种质疑，是把对现实社会的全面管理和对社会的科学研究混为一谈。因为社会本身就是各种复杂因素相互联系和制约的整体。中庸、协调、平衡乃古今一些政治家奉行的原则，所以，必须全面、辩证地研究社会。事实上，我们总想把社会全面地说清楚，结果是全面地说不清楚。社会科学发展的历史早已否定了质疑者的疑虑。卢梭关于社会契约的研究，圣西门等人关于社会主义的研究，大卫·所罗的无政府主义对政府功能的研究，马克思关于商品和剩余价值的研究，列宁斯大林关于国家和专政的研究等等，都同样是设法走到事物的极端去，才深刻揭示了社会某一方面深藏的、经验所不能认识的东西。今天的社会科学同样需要打破常态的极端研究才能发展。

第二十六章 钱学森的艺术世界与科艺结合思想

一、钱学森的艺术世界和科学与艺术结合思想的形成

人们都知道，钱学森有一个科学的世界，一个导弹、卫星的世界。其实钱学森同时还拥有一个艺术的世界。钱学森从幼年开始就喜欢背诵诗词、学绘画（师从国画大师高希舜），后来有人在香港看到钱学森早年的绘画习作售价不菲；少年时代又喜欢写作韵文，爱好摄影和音乐，以至于中学毕业时老师认为他如果报考中文，也许会成为一代文学大师；在上海交通大学上学时，钱学森是学校出色的圆号手。

钱学森在青年时期就对艺术有多方面的领悟，1935 年他发表在《浙江青年》（1935 年第 1 卷第 4 期）上的《音乐与音乐的内容》一文，不仅表明他在音乐方面已经具备独特而深刻的见解，而且也是目前发现的他最早正式发表的文献之一。

1934 年，钱学森于上海交大机械工程系毕业后，居住在杭州的家中。当时的杭州，欣赏音乐已经蔚然成风，不同规模的音乐会和歌咏比赛时常举办。但是，大多数参与者对音乐的认识，仍然停留在对乐曲演奏技巧的攀比和推崇上，钱学森有感于此，写下了《音乐与音乐的内容》一文，望借以引导广大的音乐爱好者去发现和感悟音乐所蕴含的丰富内容。此文从杭州音乐活动的举办现状入手（钱学森观察到节目单上大量存在着“二胡独奏”、“京胡独奏”、“口琴吹奏”等类似纯属弦技的节目），指明听众们对音乐内容缺乏重视，随后他以众多的事实为依据，通过缜密的科学推论，证明音乐的内容才是使得音乐成为一门艺术的主要原因。文章最后，又详细地介绍了深入了解音乐内容和

欣赏音乐的方法。读者在阅读完此文之后，定能对如何欣赏音乐有新的认识。

钱学森的夫人蒋英教授是从事德国古典艺术歌曲演唱和教学的，他们之间虽有着青梅竹马的基础，但爱情的萌发，却来自于对艺术的共同爱好和追求。20世纪50年代前期，钱学森在美国遭受监禁的岁月里，是音乐给了他们的鼓舞和寄托。那时候，钱学森买来一支竹笛，蒋英找来一把吉他，共同演奏17世纪的古典室内乐。就在那艰难的5年里，钱学森不仅完成了《物理力学讲义》，还出版了他超越前辈师长的学术力作——《工程控制论》。

钱学森1955年归国后，不管工作多忙，始终没有放弃对艺术的爱好，北京的美术馆、音乐厅是他常去的地方。即使步入耄耋之年，人们还能经常听到他哼唱勃拉姆斯那支有着4只严肃歌曲的套曲。他始终坚信："科学家不是工匠，科学家的知识结构中应该包括艺术，因为科学里面有美学。"

科技人才一定要有文化艺术修养，这是钱学森多年来一贯倡导和坚持的观点。给人印象最深的是，在1991年，国务院、中央军委为他举行的授奖仪式上讲的一席话。在那次讲话中，钱学森回顾自己几十年的经历，动情地说："我在科学研究的道路上能够有一点成就，应当归功于夫人蒋英。蒋英是位女高音歌唱家，而且是专门唱最深奥的德国古典艺术歌曲的歌唱家。她和我的专业相差甚远。但正是她给我介绍了这些音乐艺术，这些艺术里所包含的诗情画意和对于人生的深刻理解，使得我丰富了对世界的认识，学会了艺术的广阔思维方法。或者说，正因为我受到这些艺术方面的熏陶，所有我才能避免死心眼和机械唯物论，想问题能够更宽一点、活一点。"

1999年在"蒋英教授执教40周年活动——艺术与科学研讨会"上，当时88岁的钱学森因身体原因未能出席，他特意写了书面发言说："……蒋英和我则在完全不同的领域工作，但我在这里特别要向同志们说明，蒋英对我的工作有很大帮助和启示，这实际上是文艺对科学思维的启示和开拓！在我对一件工作遇到困难而百思不得其解的时候，往往是蒋英的歌声使我豁然开朗，得到启示，这就是艺术对科技的促进作用。至于反过来，科技对艺术的促进作用，那是明显的——如电影、电视等。"

作为一位大科学家，为什么钱学森这样强调艺术的功能？恐怕绝不仅仅是为了教人都去弹琴学画、修身养性，而是为了教人更好地认识复杂而多彩的世界，学会用辩证的思维、形象的思维，灵活而全面的方法去处理和解决面临的各种复杂矛盾。一首乐曲、一幅绘画，把许多复杂和相互对立的音符，经过艺术家之手，变成和谐、协调、浑然一体可供人们赏心悦目的作品，其中值得我们去领悟的东西实在太多了。古人说的"物艺相通"，其实说的就是物质生产与精神生产相生、相济、相融的道理。

如果我们都能经常在忙碌之余，静心听一曲《蓝色多瑙河》，看一幅《富春山居图》，从那或徐或疾、或卷或舒的节奏中，从那时繁时简、时浓时淡的笔墨中，思接千载，神游八荒，由潜移默化进而触类旁通，豁然开朗，悟出一些正确处理各类矛盾的方法，无疑是大有好处的。再往大处说，落实科学发展观，也特别需要具有这种"想问题能够更宽一点、活一点"的辩证思维的"杰出人才"。

二、科学技术对艺术的影响与艺术对科学技术的影响

关于科学技术对文学艺术的影响,1985年,钱学森在一次谈话中谈道:"我最近还和我爱人蒋英同志谈过这个问题。我问她:'现代科学技术对你们的音乐有没有影响呀?'她说:'当然有了,影响可大了。现在有录音带,音响技术,等等,都是现代科学技术的产物。我们年轻的时候,有许多解决不了的问题现在都很容易地解决。过去,要研究一个音乐家,先要找来他的乐谱;看了乐谱,还不知道他的音乐究竟怎么样,要琢磨好久好久。现在就很容易了,把他的谱子找来,再把录音带找来,一听就知道怎么回事了。所以科学技术对音乐的影响是不用说的。'恐怕这种情况对于各门艺术来说都是存在的。这就是物质、物质活动、科学技术对文学艺术的影响。我在文代会上还讲过,由于科学技术的发展,还可能产生新的艺术部门。现在所谓的技术美学就是这样产生的。"

1986年10月28日,钱学森在一次讲话中指出:"科学技术在不断进步,生产力在不断发展,文学艺术也会在科学技术现代化的带动下出现新的形式(如现在就有上方和四周同时放映的"环视电影")。这叫作科学技术现代化带动文学艺术的现代化。这就是文艺和科学技术的关系。实际上,有些艺术门类是文艺和科技交叉的产物。比如上面讲的建筑、园林、技术美术等就是这样。它们是文学艺术,但又有属于科学技术的部分。"(《科学的艺术与艺术的科学》,164页)

回顾文学艺术发展的历史,便可看出科学技术的发展为文艺的表达提供了各式各样的工具,如电影技术、电视技术和广播技术,包括建筑技术、书法和绘画所用的器材,以及这些艺术作品的后期编辑处理技术等等。甚至展览技术都可以看到现代科学技术对文学艺术的影响无所不在。

钱学森还对可能出现的文艺新形式作了展望,他列举了激光焰火、电子计算机为制作工具的音乐和电影等将提供文艺表达的新形式,还有当时十分引人的许许多多其他可能形式,今天不都已变成了现实。

杰出的物理学家爱因斯坦一生热爱音乐,尤其爱拉小提琴,经常在工作之余演奏一曲贝多芬或莫扎特的小夜曲。他的艺术气质和素养无疑有助于他的物理学研究,他所创立的现代物理学理论和相对论原理,为科学作出了伟大贡献。

艺术气质是一种非常高贵的元素。这种元素与任何一种职业相遇碰撞,就会使该职业发生质变,把它升华到一个意想不到的高度。

毛泽东不但是一位伟大的领袖,同时也是一位天才的诗人,他的诗词中恢宏的气魄、博大的胸怀,足足影响了几代中国人。钱学森就曾经说过:"毛泽东的智慧主要来自文学艺术和中国的传统文化。"恩格斯青年时代创作的漫画,就连专业画家见了都深感叹服,他的艺术气质和审美意识几乎浸透了他的所有论著。《共产党宣言》开头一段便是用优美的文笔陈述一种崭新的政治信仰的典范:"一个幽灵,共产主义的幽灵,在欧洲上空徘徊……"可见,即使是政治宣言,一旦同艺术结合,也会迸发出动人的魅力。

所谓自然科学和工程技术就是人类与大自然对话的高超艺术。达·芬奇、牛顿、瓦特、爱迪生等科学家、发明家从某种意义上说就是大艺术家,因为他们设计和实验所显示

出来的精巧、和谐和优美，堪称人类理智同大自然对话的艺术杰作。达·芬奇设计的各种机械，牛顿由苹果落地而发现的万有引力，瓦特的蒸汽机，爱迪生发明电器……单就艺术美和想象力而言，就是极富有诗意的艺术精品。在这些伟大的发现发明背后，有多少曲折和感人的故事啊！其实，音乐、绘画、诗歌、文学的价值之一，正在于拓展人们的想象力。没有想象力的人，只能生活在一个平庸的一维世界；而有丰富想象力的人则生活在遥远的过去和未来的世纪，生活在奇异的世界，从而大大提高了生命的容量。

艺术的最大功能在于造就一个博大的心胸。一个真正热爱艺术的人，是懂得真善美的。人们多懂得一点艺术，就多一份相互理解和感情沟通，因为文化艺术是人类加强理解和交流的纽带。

钱学森呼吁文艺工作者要和科技工作者交朋友。他认为："文学艺术和现代科学技术结合了，就会出现社会主义的现代新文学、新艺术。""文学家、艺术家们所反映的只是一个世界。他们对科学技术工作者了解得太少了。所以，在文代会上我呼吁文艺工作者要和科技工作者交朋友。不然，一个人知识面不宽，是不利于创造活动的。""你以为科学技术工作者是很枯燥的吗？"这位老科学家在回答记者的问题时爽朗地笑了，"不，科学技术工作者的头脑里是很丰富的。他们闭上眼睛，立刻显现了地球之外十几万公里的瑰丽景象。喔，那里有太阳风引起的磁暴。往外看，那是月球、火星、金星、水星、木星、土星、海王星、冥王星，那里是太阳系的世界。再远些，在星团区域里，几十个、上百个太阳同时放出光辉，有像我们太阳光的，有放橙黄色的，有放带红光的，真是绚丽多彩，美极了。那就进入银河星系的世界了。往小的世界看，原子核，基本粒子，小到一个厘米的亿亿分之一。在微观世界中，同样是无比丰富……"

极大地提高整个中华民族的科学文化水平，是需要从各方面花大力气的。文学艺术应该进入科学的宫殿。但是，在这里，钱学森还有另外一层意思，他殷切希望青年同志要扩大知识领域。学科学的要学一点文艺，搞文艺工作的要懂一点科学。他曾说过："我们搞科学技术的人，总想尽可能学点文学、艺术、音乐、绘画等等，大科学家爱因斯坦的小提琴就拉得很好；现在说科学技术是大文化的组成部分，是不是文艺界的人也能学点科学技术呢？在今天，大学里的文科教授不学点科学技术能行吗？"

三、钱学森热心支持科教电影事业

钱学森也是科教电影事业的热心支持者。1960 年，文化部和中国科协联合成立"科学技术电影委员会"，钱学森担任委员，曾帮助制定科教电影的规划和选题。1987 年 2 月 16 日，钱学森在科教电视创作座谈会开幕式上的讲话中再次指出："科学技术发展了，人们就想到利用科学技术的成果，来作为文学艺术的表达手段。我看电影就是这么一个产物，电视也是这么一个产物。电影要没有科学技术能行吗？电视要没有科学技术能行吗？当然不行。而电影、电视的这种技术是很复杂的，很不简单。整个电影、电视的创作过程，它所涉及的科学技术是很多很多的。既然认识到这个问题，那就要有这样一个看法，我们要主动地去用它（科学技术的发展）来为文学艺术的创造服务。"（《科学的艺术与艺术的科学》，238 ~ 239 页）

钱学森做学问从来不是说说而已。1980 年 5 月 23 日《中国新闻》报道:《著名科学家钱学森非常关心科教影片的创作》。5 月份出版的《大众电影》刊登了钱学森对怎样拍好科教片意见的文章。

钱学森看了上海科影厂准备拍摄的《向宇宙进军》的提纲后,向有关人员说:"科教片要讲科学,这个片名本身(当时此片初名为《空间科学》),就有点不大科学!空间科学和空间技术是不一样的,含义不同。空间技术是保证怎样上天,是上天的技术,空间科学则是上天之后进行科学研究。我看了你们的提纲,大部分内容是讲空间技术,所以片名叫《空间科学》有点文不对题。"

影片的第二部分,是介绍各种应用卫星。钱学森认为:"第二部分着重讲各种应用卫星与国民经济的关系,卫星能起什么作用。卫星通信、卫星广播,为什么比地面好?资源卫星为什么比地面勘探好?这实际上是使人的活动范围扩大了,扩大到全球,这是任何飞机所无法做到的。在同步卫星上,一眼就可以看到半个地球,视野非常宽阔,好处多得很哪!影片的科学性要加强,观众是很想知道这些东西的。虽然空间技术很花钱,但是花钱是值得的。比如森林着一次火,损失会很大,用卫星就可以及早发现火灾,减少损失。"

钱学森还说:"科教影片要有艺术性,观众看了有兴趣,不然看的人会睡觉的。"

1978 年,上海科学教育电影制片厂准备拍摄我国第一部大型彩色航天科教电影——《向宇宙进军》。该片共 3 集,分别介绍运载火箭、人造卫星和载人航天,每集半小时。钱学森看了拍摄提纲非常支持。1979 年 2 月下旬,钱学森趁上海出差之机,接见了该片摄制组全体同志,畅谈了一个晚上。钱学森认为这部航天科教片应当有中国的特色。他以自己科学与艺术结合的修养,为影片设想了这样的开头。他说:"开头,应该表现中国古代对太空的美好幻想。我设想,一开始,就是发射卫星这个场面,很雄伟、很壮观,喷出火焰,声音很响。火箭发射后,变成小点,越来越小,声音也越来越轻。然后,出现古代的飞天幻想,从马王堆汉墓出土的立轴上的月亮、太阳、神仙,到嫦娥奔月神话、敦煌飞天壁画。"在历数古人的飞天之梦时,钱学森建议:"这一组镜头最好以古筝配上中国古典音乐,引入古代文物,无非是画、诗,诗情画意,但是要按时代顺序来安排。"他希望影片要着重介绍各种应用卫星与国民经济的密切关系。当导演叶永烈想请钱学森担任影片的总顾问,钱学森说就不必挂名。

当影片拍摄到第三集《载人航天》时,由于摄制组无法进入严格保密的航天员训练基地,正准备采用美国和苏联的载人航天电影资料时,在钱学森的帮助和支持下,一个月后,摄制组顺利进入中国航天员训练基地,在那里拍摄了半个月。这部《载人航天》影片,记录了中国载人航天事业的艰难历程。

影片样片出来后,1979 年 4 月 27 日和 9 月 8 日晚上,钱学森分别参加了在七机部小礼堂和文化部电影局举行的两次审片会。这部影片引用了一部分国产火箭、卫星的实物镜头,以及航天员的训练情况,在当时航天系统严格保密的情况下,是很不容易的。后来影片又作了几次修改,随即在全国公映,反映很好。

钱学森曾有段带有战略意义的讲话:"文学和科学技术的结合,美术和科学技术的结

合，电影、电视、广播这一些跟科学技术的结合，就能使我们科学普及工作有更大的、更好的效果。要达到更好的效果，就很有必要动员我们的文艺工作者跟我们一起搞。”钱学森的号召确实得到了许多文艺工作者的响应，他们做了很多艺术与科学技术结合的工作极大地推动了科学技术普及事业的繁荣与发展。

四、研究科学技术和文学艺术之间相互作用的规律

首先应该从思维科学的角度看科学与艺术相同性。1984 年 11 月 1 日上午，钱学森在与《文艺研究》编辑部座谈现代科学的发展对人的思维，以及文学艺术的影响等问题时谈道：“我讲过有三种形式的思维，就是形象思维、抽象思维、灵感思维。具体人的思维，不可能限于哪一种。解决一个问题，做一项工作或某个思维过程，至少是两种思维并用。两种，就是抽象思维和形象思维。所谓三种，就加上灵感。有一点请文艺界同志理解，科学技术不都是抽象思维。都是推理吗？都是所谓‘科学得很’的推理吗？不是那么一回事。要那么样，科学根本没有办法发展。这个，爱因斯坦讲得很清楚，他说，科学发展不能尽靠推理，还有直感。那直感就是形象思维。科学技术界从前认为搞科研就是抽象思维，这事实上不可能。”“至于说抽象思维、形象思维哪一种更是基本的？这恐怕不能绝对化。就我自己搞科学技术的经验来看，两种都有。在文艺创作中，很强调灵感，还有只能意会，不可言传的这种情景，其实在科学工作中，许多时候也是这样。但科学不同与文艺之处，就是最后还要推理、证明。”（《科学的艺术与艺术的科学》，105 ~ 107 页）

对科学与艺术之间的关系，钱学森有一段精辟的论述：“从思维科学的角度看，科学工作总是从一个猜想开始的，然后才是科学论证。换言之，科学工作是源于形象思维，终于逻辑思维。形象思维是源于艺术，所以科学工作是先艺术，后才是科学。相反，艺术工作必须对事物有个科学的认识，然后才是艺术创作。在过去，人们总是只看到后一半，所以把科学与艺术分了家，而其实是分不了家的。科学需要艺术，艺术也需要科学。”科学与艺术，“冷”与“热”的结合，这或许就是大科学家、大思想家、大艺术家的智慧之源、创新之源、成功之路。

爱因斯坦曾经说过：“真正的科学和真正的音乐需要同样的思维过程。”实际上，在高层次，科学和艺术是相通的。1990 年春，钱学森再次倡导应该研究科学技术和文学艺术之间相互作用的规律。他在为《艺术科技》写的卷首语说：“往往是科学技术的发展给文艺的表达提供了前所未有的可能，而这种可能又往往不是自觉地为文艺工作者所利用，常常倒是其他人，偶然发现了这种可能性，从而开拓了文艺的新形式、新文艺。这种蒙昧，在一百五十年前也许是不可避免的，但现在我们已经懂得了辩证唯物主义，并且应用到人类社会现象，建立了历史唯物主义，我们应该自觉地去研究科学技术和文学艺术之间的这种相互作用的规律。不但研究规律，而且应该能动地去寻找还有什么现代科学技术成果可以为文学艺术所利用，使科学技术为创造社会主义文艺服务。我们也要在这个领域走到世界前列。”（《科学的艺术与艺术的科学》，200 页）

钱学森在给《现代化》杂志编辑委员会的信中，对于科学技术和文学艺术相结合的认识是比较深刻的。他说：“科学技术和文学艺术为什么应该结合？这道理就在于马克思

主义哲学：我们的科学技术要以辩证唯物主义为指导，不能搞机械唯物论，当然也不能搞唯心主义。”

五、21 世纪是科学与艺术的世纪

21 世纪的社会是高科技的信息社会，是学科交叉的社会，是科学与艺术结合的社会，是尊重人的创造精神的社会。当前的科学有两个前沿，一是本门科学的前沿，如物理学、化学、计算机科学等的前沿；一是两门或数门学科交叉的前沿。因此，无论从适应这样一个社会的发展趋势也好，还是从发展交叉学科的要求也好，21 世纪的人才应该是全方位的、多色彩的、具有科学与艺术两个方面能力和修养的人。事实也是如此，比如，在开拓计算机音乐这门新学科时，单纯把学计算机的人和学音乐的人组合在一起，其工作效果就不如由兼通两者的人来得好、来得快，工作也更易发展。钱学森一直倡导科学家要学点艺术，艺术家要学点科学。我们应该培养一批科学型的艺术家和艺术型的科学家。中外历史上，达・芬奇、爱因斯坦、钱学森、李政道等都是兼通科学与艺术的大家。把科学与艺术的结合作为一个教育的方向，更具有重要的意义。

21 世纪把人生的价值提高到一个前所未有的高度，艺术家多懂一些科学，可以更好地发挥艺术才能，营造更完美的创造空间；科学家多懂一些艺术，可以有更多的灵感，更能充实生活，享受美的熏陶。这些，都会使人们的生活质量和工作质量有所提高，而所有这些，在科学技术高度发展，生产效率空前增长，传播媒介迅速普及，教育水平普遍提高的今天是不难做到的。未来属于懂得科学和艺术、懂得生活、热爱生活，追求创造的人。让我们张开双臂，迎接中华民族伟大的复兴。

第二十七章 钱学森的现代文化观

20世纪70年代以来，钱学森发表过许多关于文化的论述，直接反映出他对文化的独特观点和见解。他早在1980年就发表了《科学技术现代化一定要带动文学艺术现代化》，1982年旗帜鲜明地提出建立《研究社会主义精神财富创造事业的学问——文化学》的观点，稍后又发表了《我们要展望21世纪》、《着眼21世纪，加强文化建设》等关于我国文化发展战略的重要论述，对我们当前的社会主义文化建设大有益处。

一、对传统文化和外来文化的新认识

1985年，钱学森在《我们要展望21世纪》一文中指出："我国社会主义文化的特点是全民性，而且可以做到全民性，所以很多问题都要重新考虑。我们要把过去几千年文化遗留下来的东西重新甄别一下，好的，对我们社会主义精神文明建设有用的东西，要吸取、继承、发扬……还有名胜古迹，也是珍宝。我们要看一看，到21世纪，中国过去那些封建统治阶级享受的东西中，哪些要变成人民共同享受的东西。""对资本主义的东西怎么看？我说也要鉴别，不能一概拒之门外，他们考虑的问题也值得我们参考。比如1983年法国提出他们要建设法兰西第三文化，实际上是在重新考虑什么叫文化的问题。他们说从前把文化看得比较窄，现在建设第三文化，就要包括工艺品、科学技术。"钱学森的这两段话实质上是如何对待传统文化和外来文化的一种科学的态度，要我们把过去几千年封建社会遗留下来的财富，还有资本主义世界里好的东西吸收过来，丰富我们21世纪的社会主义文化。

钱学森认为："从我国社会主义初级阶段的根本任务是发展生产力来说，从生产力标准来说，人是生产力中重要的因素，最活跃、最革命的因素。人的作用能否充分发挥出来，发挥得如何，关键在于人的素质，人的思想文化水平。""而一个国家科学管理、科学决策的水平，也是与科学文化水平联系在一起的。经济、政治的民主化进程，也是与科学文化的发展进程同步的。""现代经济的发展主要靠科学技术，未来的21世纪将是智力战的时代。一个国家、一个民族，是否能自立于世界民族之林，是否会被开除球籍，将取决于文化建设的成败。"（《创建系统学》，142页）

1992年11月13日，钱学森在一次谈话中讲到：

最近看了一本书，陈晋著《毛泽东与文艺传统》（中央文献出版社，1992年），我深受启发，使我对这个问题又有了些新的想法。书上讲，毛泽东的智慧不是来源于科学，而是来源于中国传统文化，毛泽东的许多思想，都是从中国文化提炼出来的，我认为这个看法是对的。大家都知道，毛主席不是学科学的，他知道一些科学知识，但是不多。他对科学的判断，实际上是从文化艺术中吸取的智慧。

中国还有些哲学家，也有这种观点，他们的书过去我看不懂，现在明白了。比如熊十力，他认为人的智慧有两个方面：文化、艺术方面的智慧叫"性智"；科学方面的智慧叫"量智"。这样看来，我过去说的科学技术体系属"量智"；而文化体系属"性智"。由此使我想到，过去我说，要发展、深化马克思主义哲学，需要引入中国古代哲学的精华。张岱年教授同意我的看法。现在看，这个精华就是人类的"性智"，即人根据自己的实践经验，从整体上来看世界。这也是综合集成嘛！在这方面，毛泽东同志给我们作出了范例，他的智慧基本上来源于此，即实践加中国传统文化艺术。从前我只从科学技术方面来讲人的智慧是不够的，还需看到智慧的另一个来源，即传统文化艺术。所以我过去讲的科学技术体系的概念还要再扩大，变成智慧的体系，这就是我和黄楠森教授，以及他的学生王东同志讲的，哲学发展史上的第四次伟大尝试。由此看来，一个人光有科学技术不行，常常容易犯机械唯物论的错误；光有文化素养也不行。我觉得毛泽东是用传统文化中的精华，诗人的气概，结成伟大的智慧，战胜了机械唯物论和唯心主义，成为中国革命的伟人。但他科学技术懂得太少，那时我们又没有建立起处理开放的复杂巨系统的科学方法论，所以他的失误，在于把事物看得太简单化了，终于无力解决中国社会主义建设的难题，在他的晚年这一点显得更为突出，这是一个悲剧。由此看来，人一方面要有文化艺术修养，另一方面又要有科学技术知识，按熊十力的说法，即要有"性智"，又要有"量智"。这就是大成智慧学，是马克思主义哲学的发展与深化。

二、建立研究社会主义精神财富创造事业的学问——文化学

钱学森早在1982年就旗帜鲜明地提出建立《研究社会主义精神财富创造事业的学问——文化学》的观点。他开宗明义地指出："组织管理社会主义建设的技术，一种国家

规模的系统工程,同社会主义精神财富创造事业有关的,对应于研究物质财富生产事业的经济学,有一门新的社会科学——文化学。”这简短的一句话,不仅指明了“文化学”这门学科的地位,也指明了这门学科的性质和重要性。

钱学森用马克思主义哲学的科学观考察了认识主体在人类社会中的发展变化,认识主体与社会历史发展的关系,阐明了社会主义精神财富创造事业在整个社会主义建设中的重要地位。他说:“社会主义民主是真正要人民当家做主的,因此国家要培养人民当家做主的能力。这都说明为什么我们在国策中明确地规定要建设高度的社会主义物质文明和精神文明。我们的目标是使我国全体人民都具有很高的科学技术、文化艺术和马克思主义哲学的修养。我们应该在生产发展所允许的条件下,最快地普及教育,普及科学技术,普及马克思主义哲学。建立一门研究社会主义精神财富创造事业的学问,正是为了探索如何使人民群众更快地成为认识主体的规律,以便克服工作中的盲目性,提高自觉性,最大限度地发挥人民群众作为认识主体的潜力。社会主义将使历史上形成的人认识主体的实际不平等逐步消亡!”

钱学森从人类总结社会实践经验、认识客观世界的规律,对认识主体的要求和条件等方面,对现代精神财富创造活动的特点和性质作了深入的分析。他认为:“人类认识客观世界的成果,自有语言文字以来,已经长期不限于认识个体自己所有,而是公之于集体,传之于后代。这就成了公有的知识文化财富,也就是我们讲的精神财富,这些精神财富必然受创造他人的主观意识的影响。但从总体上看,人的主观意识、阶级倾向对精神财富的影响确实是不可否认的。在我们国家,我们的精神财富必须是有利于促进社会主义建设的,有利于社会主义文明的,所以要加一个限制词,叫社会主义精神财富,这是重要的。我们还要懂得:社会主义精神财富不是哪一个人能独自创造出来的,而是上下几千年,全人类劳动的结果。这样,在人认识客观世界的过程中就有三个方面在相互作用:人——认识的主体;客观世界——认识的对象;精神财富——全人类所创造的认识工具。”

钱学森基本同意英国哲学家 K·波普尔爵士提出的类似理论:把客观世界叫作“世界一”,人的主观世界叫作“世界二”,科学技术、文化艺术叫作“世界三”,也就是所谓三个世界理论。但钱学森也明确指出波普尔讲“世界三”具有什么“实在性”(独立性)和“自主性”等,说明了他标榜的二元论具有反马克思主义的立场。钱学森认为,波普尔关于精神财富重要性的阐述有很独到的见解。波普尔认为,即使一场世界大战把全部物质财富都摧毁了,只要“世界三”还在,那么“世界二”(人),就能用几十年、几百年的时间,把现代世界重新建立起来;但如果连“世界三”也摧毁了,那重建现代世界就要再走一遍人类万年以至几十万年所走过的历程!

关于社会主义精神财富创造事业的范围,钱学森认为,应该包括研究自然科学技术和社会科学技术的科学学、文学艺术的创作、全部教育事业、书刊和报纸的编辑出版、新闻事业、体育事业、图书情报事业、广播电影电视事业、博物馆和展览馆等。当然这项事业和社会主义的其他事业有许多接触点,在研究讨论中应该划分清楚。

钱学森曾把文化建设分为 13 个方面:①教育事业;②科学技术事业;③文学艺术事

业；④建筑园林事业；⑤新闻出版事业；⑥广播电视事业；⑦图书馆、博物馆、科技馆事业；⑧体育事业；⑨美食事业；⑩花鸟鱼虫事业；⑪旅游事业；⑫群众团体事业；⑬宗教事业。

1992年，钱学森在《我国社会主义建设的系统结构》一文中又作了进一步的说明："饮食也是一种文化，在中国的历史传统中，饮食文化是有丰富内容的，随着对外开放的进一步发展，饮食文化应该引起更大的重视，所以我们提出将美食事业作为我国社会主义文化建设的一个部分。花鸟鱼虫事业也是中国固有的文化，但是人们常常只说花卉，比如中国有个花卉协会，它办了一份会刊《中国花卉报》，实际每期除了介绍花卉以外，还介绍养鸟、养鱼、养虫，当然是讲的观赏鱼。所以我们认为，确切地说，应该是花鸟鱼虫事业。关于群众团体事业，不是指工、青、妇，那是党直接领导的团体，这里是指其他群众团体，如中国科学技术协会、中国音乐家协会、记者协会等。最后一项是宗教事业，宗教在我们国家恐怕还要存在相当一段时间，做好宗教工作是很重要的，而宗教可以作为文化的一部分。"（《创建系统学》，274页）

同时，钱学森也指出文化学的研究是要有一定基础的，基础就是社会主义文化建设各个方面的各自的学问，有教育学、科学学、文艺学、出版学、体育学、广播电视学等，但文化学不是要去代替这些学科，也不是把这些学科简单地加在一起，而是要综合所有这些分支学科，成为文化建设的学问。文化学的这些分支学科现在都有人在研究，有许多经验成果可以作为文化学的基础材料。

文化学要利用这些基础素材，运用系统工程的方法，阐明它们的关系，找出其中的规律，使它们协同运行，发挥最大的社会效用。要搞文化设施、文化环境的系统工程学，把教育、科技、文学艺术、广播电视、体育卫生、群众的文化娱乐活动等等，作为一个相互联系的统一整体的系统工程学，为社会主义文化系统工程提供理论依据。这里对教育、科技、文学艺术、广播电视、体育卫生、群众的文化娱乐活动等等的研究不是分门别类去研究，而是作为一个系统整体，一个综合体系来研究。

"在意识的社会形态的科学体系中居于精神文明学下的文化科学包括教育、科技、文学艺术等等许多方面。而文化科学中的综合学科、文化学不是分别研究这些内容，而是要研究它们的关系，把它们作为一个系统整体来研究，研究作为整体的文化的发展规律，研究怎样使它们协同运动，和整个社会协同运动，以发挥最大最好的社会效用。要把教育学、科学学、文艺学、体育学、新闻出版学、广播电视学等等都综合在一起，形成系统化的文化学的科学理论，为中国社会主义初级阶段的文化系统工程提供理论依据。"（《创建系统学》，151页）

1988年，钱学森又针对社会主义文化建设学问所引起的一些争论，对文化学的目的、任务、对象、内容作了进一步的论述。他觉得有些同志误解了，把文化学、文艺学等同于过去的文艺理论了，也有一些同志忽视了文化学的重要性。其实不少有识之士正为缺少文化力量而感到困惑，如郑必坚同志就指出："如果说我们的经济发展有了路数，那么文化和精神发展的路数是不是有了？恐怕还是个问题。"（郑必坚《文化发展问题座谈会上的发言》，《自然辩证法报》，1988年，第10期）。实际上正缺少这样一门学问，正需要建立这样一门学问。

钱学森指出："我们提出的文化学的目的、任务，是研究文化和生产力的关系，文化建设和经济建设的关系，意识的社会形态的变化发展和整个社会发展变化的关系，研究社会主义文化建设的规律，研究社会主义文化的组织、建设、领导、管理问题，为社会主义初级阶段文化系统工程提供了理论依据。当然最终目的是为了提高全民族的科学文化水平，为四化、为改革服务。"

钱学森还指出，建设高度的物质文明和高度的社会主义精神文明是我们的伟大战略目标，我们从根本上认识到创造社会主义精神财富的重要性。我们党和国家下大力发展科学技术、文学艺术、教育事业以及其他社会主义精神财富创造事业，所以我们要研究创造精神财富的全部学问。分散地提这门学问、那门学问不行了，要综合地提，全面地提，所以建议称这门学问为文化学。文化学是关于社会主义精神财富创造事业的基础理论。

钱学森还联系当时现实生活的实际情况，对文化学提出了 7 个研究方面：①要研究如何在社会主义精神财富创造事业中加强党的领导与改善党的领导；②要研究国家领导社会主义精神财富创造事业的体制；③要研究如何提高我们队伍的思想政治水平，发扬共产主义风格；④要研究确立精神财富的社会价值和公平分配制度的理论；⑤要研究文化学中与法学有关的研究课题；⑥要研究多学科"杂交"甚至"远缘杂交"的理论；⑦要研究依靠群众的理论。

1988 年，钱学森在《着眼 21 世纪，加强文化建设》一文中指出："文化学是个不断变化的学问。世界在不断发展变化，不要总看到我们过去怎样。'文化'不是个空洞的概念，从文化是上层建筑这个角度看，它是经济基础决定的。从经济基础上说，不同地区的发展是不平衡的，这就影响了各地文化发展也不一样。我国有不少地区很落后，就是经济基础差所造成的。"

要找到文化发展的规律，要制定能适应 21 世纪世界形势的文化发展战略，就一定要研究文化学。

三、钱学森强调要区分"文明"与"文化"的不同

钱学森在《着眼 21 世纪，加强文化建设》一文中说：

什么叫文化？以前总是说不大清，甚至连"文明"和"文化"也搞不清。1982 年，党的十二大报告阐明了社会主义物质文明建设和社会主义精神文明建设的概念，指出了二者的关系，并且讲了精神文明建设包括文化建设和思想建设两部分。我认为这是我们党对马克思主义理论作出的重要贡献。根据十二大报告，我曾说过："社会主义文化是社会主义精神文明的客观表现，社会主义的思想道德是社会主义精神文明的主观表现。"对不对？向大家请教。

十二大报告讲了，"文化建设"包括教育、科学技术、文艺、博物馆、展览馆等各方面的建设。应当说讲得是很清楚的。问题是大家是不是都统一了认识。实际上，虽然时间已近 6 年，但大家对文化的概念还不很清楚，所以还没有形成共同的认识。

所以，什么叫社会主义精神文明建设，什么是社会主义文化？——这一问

题应该是我们这一系列讨论的核心问题。这个问题搞不清，别的问题是很难说清的。比如科学技术就是文化的一部分，就在社会主义文化之中。由于人们都有不同的经验和实践。另外美国华盛顿大学一位教授还提出“新资本主义”，说21世纪的资本主义要有新思想，这类资料很值得我们看看，作为我们分析认识问题的参考。我们应很好认识21世纪的世界，采取聪明的战略与策略，建设中国的社会主义。现在是时候了，应该意识到：我们如搞不好，社会主义建设就要落空。

从20世纪70年代后期以来，钱学森在讲话中，发表的文章里，学术通信中曾多次强调要区分“文明”和“文化”这两个不同的概念，范围的不同。

《哲学研究》1989年第1期发表了《实践与文化——“哲学与文化”研究提纲》后，钱学森很快致信“哲学与文化”课题组（《哲学研究》，1989年第4期），他说：《提纲》所讨论的对象远远超出“文化”的范围，又是犯了“文明”与“文化”不分的老毛病——“文明”包括“文化”，而“文化”不能代替“文明”！

1988年，钱学森就在《求实》杂志上发表文章指出，文明是一种社会形态在一个地区、一定时期的表现。文明有三个侧面：经济的社会形态表现为物质文明，政治的社会形态表现为政治文明（又称民主与法制），意识的社会形态表现为精神文明。这样，研究文明的学问应该是马克思主义社会学；研究物质文明的学问是经济科学，研究政治文明的学问是政治学，研究精神文明的学问为精神文明学。这些都是社会科学，是社会科学的很大的一个领域。

四、钱学森提出人类文化发展历程的三个阶段

钱学森在1995年11月5日给刘为民的信中提出，人类文化发展的历史大致可分为三个阶段：即机械文化阶段；影视文化阶段；信息文化阶段。

（1）机械文化阶段。是在科学技术尚不发达的古代，人们以泥土、岩壁、甲骨、竹木、丝麻、草纸、玉石、金属等物质载体，通过手工劳动（创作）、凿刻、熔铸、绘画、书写或利用简单的机械印制等技术，创造出灿烂的古代文化，并得以流传后世。

（2）影视文化阶段。近代物理学革命、电磁理论的建立，使得文学艺术有可能与电子技术相结合，创造出现代通信、录音、录像等图文声并茂的影视技术，并可随意编辑重组的文化成果，给文化工作者提供了丰富的创造新的文化作品的新技术、新方法和新工具，创造出过去没有的文化形式。

（3）信息文化阶段。以微电子信息技术革命为先导的一大批高新科技群体的飞速发展，出现了全新的文化载体，使人类进入了信息社会时代，极大地扩展了人们的认识空间。通过计算机多媒体、网络技术和数字地球等新的技术成果，让文化工作者进入一个前所未有创作的新天地。一定会创造出一个崭新的文化新世界，也一定会创造前所未有的更加丰富多彩的文化产品。

一、钱学森对社会主义文学艺术事业的热爱和关注
二、钱学森提出:“文艺理论”是现代科学技术中的一个大部门,以及文艺理论的体系结构
三、建立社会主义文艺学
四、关于文学艺术的组织管理与评价
五、关于文学艺术的创作与风格
六、现代科学技术深刻影响着文学艺术,应该自觉地去研究科学技术和文学艺术之间的相互作用的规律

第二十八章 钱学森论文学艺术

《文艺研究》杂志连续3年的第一期都把钱学森对文学艺术的重要论述,排在显著位置,这恐怕在文学艺术家中也是不多见的。由此可见,钱学森对文学艺术事业的关注,同时,也看到了文艺界对钱学森的文学艺术思想的重视。

钱学森曾经说过:“作为一名老科技工作者,对我国丰富的文学艺术宝库,我一直怀有极大的兴趣,并从中汲取有益的教益。”(《略谈文学艺术的最高台阶》,《神剑》,1993年第5期)。事实上钱学森阅读过(了解)大量中外文学作品,他对文学艺术确实作过深入的研究,并发表了大量有关文学艺术和文艺理论等方面的令人耳目一新的学术观点。特别是他于1982年提出“文艺理论”是现代科学技术体系的一大部门,进而阐述了文学艺术与其他十大科学部门的不同之处,应该说是一种理论创新。

一、钱学森对社会主义文学艺术事业的热爱和关注

钱学森从1979年11月在第四次全国文学艺术工作者代表大会上发表讲话,到20世纪90年代后期,曾先后发表了大量有关社会主义文学艺术和文化事业的论述。1994年,他还结集出版了近20万字的文集——《科学的艺术与艺术的科学》。这足以说明他对我国文学艺术事业的关注和热爱。

从1984年11月1日到1986年10月28日,作为一位著名的科学

家钱学森仅与《文艺研究》一家杂志社编辑部负责同志和有关人员座谈、谈话或到杂志社作报告等就有4次之多，仅发表的谈话稿和讲演稿就有数万字之多。《文艺研究》杂志1985年、1986年、1987年连续3年的第一期都把钱学森对文学艺术的论述，排在显著位置，由此可见钱学森对社会主义文学艺术事业的热爱和关注，同时，也说明文艺界对钱学森的文学艺术思想的重视。

二、钱学森提出："文艺理论"是现代科学技术中的一个大部门，以及文艺理论的体系结构

1. 关于文艺理论大部门

1984年11月，钱学森在谈到美学、文艺与整个知识体系、客观世界的关系时指出："各个部门是不是各自研究客观世界的一部分？我说不是。它们都是研究整个客观世界的，区别只是角度不一样，或者叫立足点、着重点不一样。文学艺术作为一个部门，但是它也是对人与客观世界的关系的整体性的认识。你不能说，文艺就许描述这个，不许描述那个，整个客观世界都可以做它的描述对象。"1986年，钱学森在一篇文章中指出："文艺作品不是科学。但是，研究文艺理论是科学。文艺理论到马克思主义哲学的桥梁就是美学。"

钱学森最早提出文艺理论是现代科学技术体系中一大部门是在1984年。他认为，文艺理论是整个文学艺术的理论。文学艺术是从美的角度或着眼点来研究整个客观世界的，文艺理论仍然有它的哲学概括，文艺理论到马克思主义哲学的桥梁是美学，美的哲学。正是这种部门结构的一致性，代表着现代科学技术体系结构的共性、整体性。而且我国社会主义建设，包括精神文明建设，文艺部门相当重要，需要有建立一个完整的文艺理论体系。

钱学森同时也指出，文艺理论这一大部门与其他十大科学技术部门有些不同，文艺的实践是艺术，文艺人的艺术是相当宝贵的知识，但零金碎玉，还未纳入现代科学体系，还不是系统的科学。所以文艺理论部门还不像其他十大科学技术部门那样具有完整体系结构。

2. 现代文学艺术的体系结构

钱学森在《美学、社会主义文艺学和社会主义文化建设》一文中开宗明义地指出："美学、文艺理论、文艺学和文化建设，这四者，再加上人类知识最高概括的马克思主义哲学，从建设社会主义精神文明的意义上说，可以构成系统，它们各自属于或抽象领域，或具体领域，或理论性强，或更接近实践，或范围宽些，或范围窄些。从科学体系的层次来看，美学属哲学层次，文艺理论、文艺学属基础科学或应用科学层次，而文化建设属直接改造客观世界的技术层次。"

其实钱学森对现代文学艺术体系结构问题在20世纪80年代初就有过考虑(《系统思想、系统科学和系统论》，1982年)，但最终认为在现代科学技术体系中文艺理论是一个特殊的大部门，目前尚不具备科学技术体系的层次结构。

早在1982年钱学森指出："我曾在谈到科学技术的体系时，把现代科学技术划分为6

个大部门：自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学和人体科学，扩大了传统的科学体系。与这相似，我想文学艺术也有六个部门。”当时钱学森认为文学艺术的六个部门是：小说杂文、诗词歌赋、建筑艺术、书画造型艺术、音乐和综合艺术。他当时把建筑和园林也包括在文学艺术这个大部门之内。1984年，他又把技术美学和园林艺术也包括在文学艺术这个部门之内。1986年4月，又把烹饪和服饰美容也包括在文学艺术这个部门之内，文学艺术从六个大部门扩展为十个部门。同年10月又增加了书法，这样文学艺术就有了十一个部门。直到1996年6月，钱学森的一次谈话，“我想到可能要确立一门新的科学技术——建筑科学”，才把建筑、园林与城市三个部分作为建筑科学独立出去。这样，现代文学艺术的体系结构从横向可以划分为十个部门。钱学森认为，划分文艺的门类要有现代的观点……因此，文学艺术也应不断有新的形式。

3. 美学——文学理论部门的哲学概括

钱学森在1984年11月1日的谈话中指出：“美学是文学艺术的基本原则，是文学艺术到马克思主义哲学的桥梁。我们中国文艺工作者应该研究美学，不研究美学，就没有文艺的哲学理论，怎么来改革？”“什么叫美？这问题恐怕比形象思维更复杂。但它不是神秘的，是一定能搞清楚的。美涉及很大的范围，它不仅与社会认识密切联系，而且也同社会实践存在着千丝万缕的关系。”“美学有自己的研究对象。”（《科学的艺术与艺术的科学》，101～102页）

1993年，钱学森在《略谈文学艺术的最高台阶》一文中谈到：“我认为文学艺术里面这个高台阶，或者说是最高的台阶，是表达哲理的，是陈述世界观的。这样的文学艺术，举个简单的例子，诗词里面就有。”他列举并阐释了唐代的大诗人李白在生命的最后一年里写的一首长诗《下途归石门旧居》、宋代女诗人李清照的《夏日绝句》，以及昆明大观楼上的著名长联等等。他认为：“以上这些不是简单的感情抒发，而是表现一种人生观，世界观。拿音乐来说，著名音乐家贝多芬的第九交响乐，就是反映他个人的世界观，寄托他对人类社会的希望。还有他的弦乐四重奏OP. 133。这些作品中所反映的就不是一般的音乐。”

三、建立社会主义文艺学

1982年，钱学森提出建立把文学艺术作为人类一个方面的社会活动来研究的学问——文艺学。同时还提出了文艺学的两个分支领域，一个是政治文艺学，一个是文学艺术体系学。钱学森提出建立文艺学的思想根源，首先是他认为文学艺术活动是有规律可循的，是可以作为一门学问来研究的；其次，来自另一门现代学问科学学的启示。他认为，科学学是把科学技术作为人类一个方面的社会活动来研究的学问，文艺学是把文学艺术作为人类一个方面的社会活动来研究的学问。不论文艺学，不论科学学都是建设社会主义物质文明和精神文明所需要的学问。

钱学森认为，就整个文学艺术界来说，对于文学艺术活动的规律的认识有差异，对规律的研究重视程度不一样。他指出：“在我们国家，文学艺术有一个最终的目的，就是要使我国的文艺为人民服务，为社会主义服务，这是坚定不移的，就如科学研究的结果决不

能违背客观观察和测验。要做到这一点，一定要研究理论，首先要研究马克思主义的文艺理论，坚持并发展毛主席《延安文艺座谈会上的讲话》。这都是研究文艺与政治的关系，可以称为文艺学的政治理论，或政治文艺学。但还有其他理论。要加深对文学艺术事业的认识，例如现代文学艺术的结构，分几个大部门？大部门之间的关系怎样？部门内部也还有层次，一个一个台阶，逐步提高。研究这种内部结构的学问可以称为文艺学中的文艺体系学。"(《科学的艺术与艺术的科学》，130～131页)

1986年，钱学森在《美学、社会主义文艺学和社会主义文化建设》一文中，对社会主义文艺学作了更为明确的阐述：

《简明社会科学词典》(上海辞书出版社1982年版)说："文艺学是系统地研究文艺的各种现象，从而阐明其基本规律及基本原理的科学。是社会科学的一个部门。它是近代才较为完整地形成的，在发展过程中逐渐分为三个独立的部分：文艺理论、文艺史和文艺批评。"

我在这里说的社会主义文艺学是一门应用社会科学，不是基础社会科学，不是词典上所述文艺学的三个部分内容，而是讲在社会主义社会中，特别是看到21世纪的社会主义中国，文学艺术活动在社会中的结构和体系……我这个"创新"引起了一些同志的质问，但我现在还不想改，因为我认为我们的社会主义需要建立这样一门社会科学。至于"经典意义"的内容，可以纳入"文艺理论"的科学门类中去。

我讲的这门文艺学考虑到人们文艺活动的各个方面。我们要把古今中外的好东西统统吸收进来，以适应我们将要大大丰富起来的生活的需要。但是有一条，必须是有利于社会主义建设的，必须是有利于中国的社会主义精神文明的建设，而不是其他。根据这个认识，我们来研究、建立这门学问——社会主义文艺学。

总之，钱学森认为社会主义文艺学有两个方面需要进一步研究：一方面是纵向的层次问题；另一方面是横向的部门问题。

在文艺界，人们一直是把文艺理论作为文艺学的一个组成部分，约定俗成，习以为常，而且实际上，在许多情况下，"文艺理论"和"文艺学"差不多是被当作同一概念使用的。文艺理论家们相互之间的不同做法主要在于：一些人认为文艺理论、文艺学就是研究文艺创作和欣赏的规律，另一些人则主张文艺理论、文艺学还应当包括对文艺事业作为社会活动的宏观管理规律的研究。钱学森表示，这种不科学的老一套看法，是有必要进行改革的。

四、关于文学艺术的组织管理与评价

1. 关于文学艺术的组织管理

钱学森认为，文学艺术的创作是社会主义精神财富创造事业的组成部分，它应该有自己的组织管理技术。但是，从目前来看，我们的文学艺术事业的组织管理技术还是个薄弱环节，多年的经验还有待于认真总结，使它成为一门系统工程。他在《研究社会主义

精神财富创造事业的学问——文化学》一文中指出:“精神财富的创造既然是一项事业,而且是社会主义的事业,就得有个组织管理的学问,或叫组织管理的技术。这就是系统工程,是用现代科学技术搞组织管理的工程技术。不同组织管理的对象,需要不相同的方法,所以有不同的各门系统工程……至于文学艺术和广播电视事业,当然有非常重要的组织管理工作,国务院就专门设置了文化部和广播电视部。这些政府部门完全可以用科学的方法,用文艺系统工程来进行组织管理。同样,社会主义精神财富创造事业的其他部门也可以运用现代的组织管理技术,要有它自己的系统工程。”文章还进一步指出:“至于组织管理文学艺术工作的理论学科,以前好像还没有提出来。我最近仿照科学学的先例,提出文艺学这样一门学问,认为文艺学中也应有研究社会影响的政治文艺学和研究文学艺术结构的文艺体系学,这无非是抛砖引玉,请大家都来研究文学艺术作为人类社会活动的一个重要方面的学问。”这里,钱学森首先明确了他所提出的文艺学是组织管理文学艺术工作的理论学科,同时,还提出了文艺学的研究内容:一是研究文学艺术对社会的影响,他称之为政治文艺学;二是研究文学艺术的结构,他称之为文艺体系学。在这篇文章里,钱学森还提出,文艺学在现代科学技术体系中是与人们所知的教育学、科学学、体育学、情报学、新闻出版学、广播电视学等处于同一层次的学问。这就使人们看到,钱学森倡议建立的文艺学,是一门非常清晰和非常具体的学问。

钱学森在《社会主义精神文明建设与文艺工作——在〈文艺研究〉编辑部举办的报告会上的讲话》中还具体地列举了文艺管理工作的七个方面:①必须有科学的文艺学。社会主义文艺学是要寻找文学艺术的社会活动的规律,研究文艺的规律。文艺也应有相应的三个方面,即文艺体系学、文艺能力学、文艺政治学(文艺和社会发展的关系、特别要研究文艺的社会效益);②文学艺术的理论建设也非常重要,理论的精髓是原则、观念,而怎么表达这个原则、观念,比如用汉语还是用英语?用普通话说,还是用上海话说?那才是方法;③文艺工作者要了解并掌握文艺的科学理论,用以指导自己的创作;④人民——文艺作品的接受者的文化水平也要提高,这道理很简单,有文化的人才有鉴别力;⑤文艺工作的宏观管理要用系统工程的方法;⑥加强文艺事业的组织管理,重视文艺事业组织管理人才的培养;⑦具体的文艺事业的单位是微观层次,要放活,不应该靠或全靠指令性的计划来办事。国家对它们主要是靠间接的手段,如经济手段、法律手段,以及正确方针的宣传手段来引导和调节。

2. 应该改革现在评价文艺作品的做法

对于文艺作品在评价方面的改革,钱学森在1986年也发表了很好的意见:

从延安文艺座谈会直到几年前大约40年的时间,我们管理文艺是靠“汇报演出”式的办法:文艺作品的评价领导说了算。科学技术就不是,也不能这样,科技要靠实际结果定案。领导说了算的做法实际上是封建社会的,皇帝老子说了算的办法。其实,如果这样,当领导的恐怕也很难,他说一句话就要定案,那这话如何说就得好好思考了。这种做法是不行的。从理论上看,不符合马克思主义,因为马克思主义讲实事求是。另外,从实际上看,效果也不好。从前领导说了算,他如说某某作品不好,接着而来的是又打棍子又扣帽子,搞得文艺工作

者特别难当。

党的十二届六中全会通过的《关于社会主义精神文明建设指导方针的决议》指出，要使各项决策建立在更加民主和科学的基础之上。因此，文艺管理工作也要反对封建主义。要坚决抛弃那种领导说了算的管理文艺的办法。那种管理办法是落后的、不科学的办法。

文艺作品的好坏自有公论，领导不要定案（国家领导不要对哪一个文艺作品下结论），要请大家议论，要有很好的民主风气。

但是，我们不能只停留在微观放活这一方面。国家放手不管也不行，那不是坚持四项基本原则。我认为文艺工作应是“微观放活，宏观引导、调节”。对具体作品等不要下结论，作死规定，但总的方面要引导、调节。

1988年7月11日，在中国人体科学学会一届二次理事会上，钱学森就人体科学与现实社会发表了比较全面的看法。当谈到文风的时候，他说：“去年我看到作家秦兆阳的一篇文章，有这么四句话：‘轿子乱抬代替棍子打鬼，桂冠轻赠代替帽子扣人，树未成材即以栋梁相许，禾始抽穗即以丰收相视。’本来没有那么回事，吹得天花乱坠。”

钱学森看了有人向他反映当时的社会状态比较“乱”的情况后，他说：“其实这也没什么，从历史唯物主义的观点来看，也并不奇怪。世界历史上曾多次出现过这种情况，一个社会制度的变化过程中，旧的打破了，新的还没有建立起来，自然就出现这种情况，最近我想起英国大文豪莎士比亚写了那么多剧本，从前我也看过这些剧本，剧本为什么那么吸引人？都讲了些什么事？讲的就是英国社会在那个时期一些乌七八糟的事，官商勾结欺侮老百姓的事可多了。莎士比亚的戏剧讲的就是英国从封建社会进入到资本主义社会那个时期的变革。”

从上述两则可以看出钱学森一向关注文学作品，内容涉及古今中外的作品，并且能把它与现实社会充分地加以联系……

五、关于文学艺术的创作与风格

钱学森认为：“文艺创作要反映生活，要有一个多样化问题。不了解各行各业的情况，就不可能做到丰富多彩，生动活泼。文艺创作不能清一色，即使个人的作品也要有不同风格。一个美术工作者，画画不能总是那个色调，这样你就需要多看看各种风格、各种流派的画，不能只看一种。文艺创造，不能只是一种或几种形式，那样就会脱离群众。文学艺术不论哪个部门——音乐、美术、戏剧或电影，都有不同层次，不能一刀切。人们实践生活不一样，喜好也就不一样。还有个欣赏水平问题，因此更不能清一色，不能要求都喜好哪一种，既要有‘阳春白雪’，也要有‘下里巴人’。各种文艺部门的作品都是分为几个层次的，从人民群众创作的像民歌那样的作品起，到最高层次讲哲理的作品……我们是社会主义国家，必须有计划，必须首先考虑到广大人民群众喜欢的东西。为人民服务，为最大多数人民群众服务的那个部门，首先要抓好。但也不能只抓这个部门。只抓这个部门就会没有发展，就不能提高了。因此，其他部门也要容许存在，给予必要的支持。”

文艺创作中也存在中啊、洋啊这么个问题。人们的社会实践不一样，就有不同看法，

这也是自然的事。但原则上讲，中、洋都要……就像中、西医不能是谁吃掉谁，而是要在中、西医的基础上创造21世纪的新医学。文学艺术也一样，无论中国的或外国的，都要考虑群众能否接受，对教育群众是否有利，创造出中国新时代的文艺。

六、现代科学技术深刻影响着文学艺术，应该自觉地去研究科学技术和文学艺术之间的相互作用的规律

1. 现代科学技术深刻影响着文学艺术

1980年3月9日，钱学森在中国科协二大上作了题为《科学技术现代化一定要带动文学艺术现代化》的别具一格的报告，引起了大家极大的兴趣。他在讲话中提出了文艺中的科学技术问题、工业艺术问题、展览馆的艺术问题、科学文学艺术问题以及可能出现的文艺新形式问题等。钱学森说："我们现在要实现农业现代化，我们的文学艺术家们知道不知道我们农业科学家和农业机械师所想象的未来农村呢？我们多么希望我们的文学家能描写出一个21世纪中国农村的活动啊！"

钱学森根据现代科学技术的发展水平、科技与文艺的关系以及科技为文艺表达所提供的各式各样的工具，像电影技术与电影艺术、电子技术与电视、照相技术与摄影艺术等，提出了今后可能出现的文艺新形式。如随着电子计算机技术的发展，将来电子计算机可以按人的意愿制造出前所未闻的音响，作曲家将不受任何乐器和歌喉的限制，大胆自由地创作，从而使音乐艺术向更高水平跃进；有了创作家写的电影剧本，就能通过电子计算机和光电技术、声电技术制造出电影来，等等。钱学森指出，现代科技将能为文艺的表达提供出许许多多的新形式，这有待我们进一步去探讨，前景是十分引人的。

钱学森指出："我们应该自觉地去研究科学技术和文学艺术之间的相互作用的规律。不但研究规律，而且应该能动地去寻找还有什么现代科学技术成果可以为文学艺术所利用，使科技为创造社会主义文艺服务。"他强调："我们要在这个领域里走到世界前列。"

在《科学技术现代化一定要带动文学艺术现代化》的发言中，钱学森还谈了"文艺中的科学技术"，说明没有电影技术，就没有电影艺术，没有摄影技术，就没有摄影艺术的道理。他提出了"可能出现的文艺新形式"，列举激光焰火、电子计算机为制作工具的音乐和电影的例子，说明现代科学技术为文艺表达提供了新形式。他提出科学技术中有没有文学艺术的问题。他认为除了工艺美术之外，还应该有工业艺术，诸如轻工产品、汽车以至机床的造型设计等。他向大会提议，除了现有的科普创作协会和正在筹建的科学电影、科学美术协会以外，再筹建工业艺术协会。他倡导科学文学艺术。他说："在科学文学艺术中，含有的不是幻想，但像幻想；不是神奇，但很神奇；不是惊险故事，但很惊险。它将把我们引向远处，引向高处，引向深处，使我们中华民族的精神境界有所发展提高。"

有中国血统的著名英籍作家韩素音女士，1984年10月曾在湖南说过这样一段话："作家是交流者，教育者，生活在科学突飞猛进的时代，作家不了解科学就不能写作。文学需要科学，认为文学家只管文学，科学是别人的事是不对的。所以中国的作家一定要跟上时代的步伐。"对科学与文学的结合的看法，钱学森与韩素音可谓英雄所见略同，是值得我们思索的。

20世纪80年代中期，钱学森曾在中央党校的报告中强调指出："科学技术对于文艺的表达是有深刻影响的，既然如此，就应该主动地在文艺工作中重视有关的科学技术，加强用这些科学技术的基础来促进我们文艺的发展。""文艺发生发展的历史，往往是科学技术的发展给文艺的表达提供了前所未有的可能，而这种可能又往往不是自觉地为文艺工作者所采纳，常常倒是其他人，偶然发现了这种可能性，从而开拓了文艺表达形式。我们认识了这个道理，就应该能动地去寻求还有什么现代科学技术成果可以为文艺所利用，使科学技术为创造社会主义的文艺服务，我们也要在这个领域走到世界前列。"

2. 关于科学文艺

钱学森认为，科学小品、科学童话、科学故事、科学小说、科幻小说、科学诗歌、科学曲艺、科学家传记、科学报告文学等都属于科学文艺作品。过去有些同志不太熟悉，或者注意得不够。其实，这类作品大多是科学和文艺结合的产物，也就是运用文学艺术体裁来叙述描绘或说明某些科技内容，寓科学技术于文艺形式之中。从创作的角度讲它们既有属于文学创作的范畴，也有属于科普创作的范畴。根据科技内容的含量，科学性的严肃程度，可以大致分为科学题材的文艺作品和和文艺体裁的科普作品两类。如果能够很好地把握作品的思想性和科学性，对于宣传科学思想、科学精神、科学态度、科学方法，启发诱导人们去爱科学、学科学，乃至对传播某些科学知识能起一定积极作用。

钱学森曾讲过："科学本身是严肃的，科学普及不能庸俗化。现在一些科普文章和某些流行的科学幻想小说，我看在思想上和科学内容上都有问题。科普要对科学和读者负责。我们需要幻想，但一定要有科学这个前提。科学本身比有些人鼓吹的所谓科学幻想高一千倍。原子世界，宇宙天体，分子结构，遗传信息……实在丰富得很。""美国有一个搞分子结构的科学家，他闭着眼睛听一个学生宣读论文，学生一边讲，老师一边想。当学生讲完之后，科学家头脑中已形成完整的模型，他立即指出学生的模型在某一层次的轨道上，电子会发生碰撞。你看，科学家的想象力有多么丰富。我们不是靠胡扯，而是靠科学本身的魅力去吸引读者！当然我也不是说不要借助文艺的表现手段。但采用文艺的表现方法，并不是叫我们去瞎编一套"。在谈到科学家传记时，钱学森说："我们欢迎文学家写科学家，但文学家一定要了解科学家，才能写得像、写得活。现在有一些人一不懂科学，二不了解科学家，就提笔写，这怎么行呢？有些写科学家的文学作品不真实，瞎编一套，应当引起注意。黄宗英写的《大雁情》不错，把科学家内在的东西刻画得很好。有些人却把科学家写成神人，怪人，这是不好的。"

第二十九章 钱学森的技术美学思想

技术美学是技术科学与研究人的社会科学结合的产物。从钱学森1958年发表的《不到园林，怎知春色如许？——介绍园林学》，1980年发表《科学技术现代化一定要带动文学艺术现代化》，1984年发表《对技术美学和美学的一点认识》等文章，以及他与技术美学界和美术界学者的通信中对"技术美学"的阐述可以看出，他的科学美学和技术美学思想不仅由来已久，而且具有独到的见解。

一、钱学森技术美学思想的由来

钱学森关于科学美学和技术美学的思想由来已久，至少要比20世纪70年代末80年代初人们注意到技术美学这门新兴学科要早20年。早在1958年3月1日，《人民日报》发表的他那篇《不到园林，怎知春色如许？——介绍园林学》一文中已见端倪。他说："如果说，别国的园林是建筑物的延伸，他们的园林设计是建筑设计的附属品，他们的园林学是建筑学的一个分支；那么，我们的园林设计比建筑设计要更带有综合性，我们的园林学也就不是建筑学的一个分支，而是与它占有同等地位的一门美术学科。"他还说："但是园林学也有和建筑学十分类似的一点：这就是两门学问都是介乎纯美术和工程技术之间的，是以工程技术为基础的美术学科……总之，园林设计需要有关自然科学以及工程技术的知识。我们也许可以称园林专家为美术工程师吧。"（《科学的艺术与艺术的科学》，265～266页）这段文字所阐述的"美术学科""以工科技术为基础的美术学科"不就是现在的"技术美学"吗？他说的"美术工程师"不就是"技术美学专家"吗？

1980年3月，钱学森在中国科协第二次全国代表大会上作了题为

《科学技术现代化一定要带动文学艺术现代化》的发言。他提出,科学技术中有没有艺术的问题。他认为除了工艺美术之外,还应该有"工业艺术",诸如人们在日常生活中使用的东西,除屋宇外,还有各种日用品,杯、碗、器、皿、盘、瓶、盆,历来劳动人民对此倾注了不知多少心血,是艺术创造。在我们国家这种传统制作称为工艺美术品,是轻工业的一个重要方面,还要大力发展;但我们尤其应该重视日用品中那些一般不认为是工艺美术品的东西,它们难道就不应该得到艺术家的注意,就该随便选形,随便装饰,搞得难看吗?当然不应该如此,而应该做到我们常说的"美观大方",人民爱用。他认为这些就可以称为工业艺术。

钱学森认为,其实工业艺术已经有了,钟表设计得美观,电视机设计得美观,推广到汽车以至机床的造型设计等等,都是属于工业艺术,都应该加强研究工作。他向大会提议,除了现有的科普创作协会和正在筹建的科学电影、科学美术协会以外,再筹建工业艺术协会。

二、关于技术美学的概念和技术美学在现代科学技术体系中的位置及与文艺学的联系

根据钱学森现代科学技术体系结构,美学是文学艺术的创作实践到马克思主义哲学的桥梁。技术美学是联系技术美术部门的艺术美学,它既是一门把美学应用到技术领域中去的新兴学科,也是一般美学的基本组成部分。考虑到目前大家对美学的看法更偏重与哲理性,还不认为它是现代意义上的科学,还有许多空白点,没有事实,要用思辨以至猜想去补。这倒正如恩格斯说的,是经典意义的"自然哲学"了。

关于技术美学这个概念,钱学森在1979年11月第四次全国文艺工作者代表大会上的讲话中就提出来了。他说:"科学技术对文学艺术有很大影响,因此,文艺理论以及它到马克思主义哲学的桥梁——美学,当然与技术有密切的关系。在这种情况下,美学要发展,就不能不研究技术美学,不能不研究技术对于艺术、对于美学的影响。因此,要大力研究技术美学。"(《科学的艺术与艺术的科学》,126页)

钱学森在《美学、社会主义文艺学和社会主义文化建设》一文中,谈到关于文学艺术的结构问题时指出:"技术美学,是一门新兴的学科,即工业设计与艺术的结合。"很明显,他是把技术美学作为文艺学的一个部门来看的。

为了正确理解技术美学的概念和技术美学在现代科学技术体系中的位置,以及技术美学与文艺学的关系,我们可以从钱学森发表在《技术美学丛刊》(1984年第1卷)上的《对技术美学和美学的一点认识》一文得到启示。钱学森的文章说:

> 我从前写过一篇东西,讲文学艺术和科学技术之间的关系。在那里,我说文学艺术的创作也总要有个科学技术的基础,没有纸张、印刷,也就难有今天的文学;没有摄影技术和电声技术,也就不可能有今天的电影。这是一个方面的关系,可以说是科学技术为文学艺术服务。现在我们的"技术美学"是一门把美学运用到技术领域中去的新兴科学,可以说是另一个方面的关系,是美术为科学技术的产品设计和制造服务。

我写的那篇文字，也讲到科学技术的产品设计和制造中的美术问题，例如各种日用品，杯、碗、器、皿、盘、瓶、盆等，衣着服饰等，图书装帧等，以至产品包装等，要做到“美观大方”又经济实用，这大概属于工艺美术。从经济效益看，这也不是件小事。例如目前在我国，一方面人民手里有钱，要穿得更好些，而另一方面纺织工业又开工不足，不是缺纤维原料，而是库存积压。怎么回事？是衣料布匹花色品种太单调，不美观，所以人民不喜欢。这里，工艺美术是可以帮助解决问题的，从而创造出以亿元计的价值。因此工艺美术是件大事。我们也有个专业性组织，叫中国工艺美术协会。

其实这个领域还可以扩大些，包括一切产品的设计，一台机器的外形、色彩，难道就不需要搞得“美观大方”些吗？从前我国制造的机器总爱漆成暗灰色，很难看。现在色调浅些，常常是浅灰色，是个进步。这方面还大有可为。这样，工艺美术就该扩大成为“技术美术”，它更是社会主义物质文明建设和社会主义精神文明建设的大事了。

我以前曾把文学艺术分成六个大部门：小说杂文、诗词歌赋、建筑艺术、书画雕塑等造型艺术、音乐，以及戏剧电影等综合性的艺术。现在看，这六大部门包括不了。出了一个把科学技术产品和造型艺术结合起来的部门——技术美术。不是六大部门，文艺要分成七大部门了，是小说杂文、诗词歌赋、建筑艺术、造型艺术、音乐、戏剧电影等综合性艺术和技术美术。当然这种分法也只是一种认识，认识过程并没有结束，还会有发展。例如我最近也在考虑：有我国特色的园林艺术应不应包括在建筑艺术之内？因为园林艺术是一种改造生活环境的艺术，比建筑艺术综合性更高。如果这样，那文学艺术又要再加一个大部门——园林艺术，成为八大部门了。

在 1983 年 10 月厦门全国美学学会第二届年会中，与会同志除了肯定了技术美学之外，还对部门艺术美学的问题展开了讨论，强调美学的研究还应强调部门艺术美学的探讨，更多地注意到文学艺术各部门的特性。我想从这一观点看，我们这里说的技术美学应该是联系技术美术的部门艺术美学。有多少部门美学呢？有多少文学艺术的大部门，就有多少部门美学。照前面讲的，就该有小说杂文美学、诗词歌赋美学、建筑美学，造型美学、音乐美学、戏剧电影美学、技术美学，或再加上一个园林美学。

研究学问就是一个人认识客观事物的过程，而这个过程总是从个别到一般，再上升到一般的规律来指导更深入的对个别的研究。强调部门艺术美学的研究是对的，它是一条必须经历的道路；从文学艺术的实践到理性认识、部门艺术美学，再到一般美学，最后到马克思主义哲学这一人类认识的最高概括。这条认识道路的顶峰是马克思主义哲学，而不能是什么其他，这也是马克思列宁主义的论断。根据这个思想，我曾提出，美学是文学艺术的创作实践到马克思主义哲学的桥梁。

我想，以上这条思路也许是有助于美学的研究的。目前大家对美学的见解

还不很一致,有同志说美学现在还偏重于哲理性的探讨,建议要从心理学等方面来研究美学,开辟新途径。为什么偏重于哲理性的探讨呢?原因之一可能是:美学还不是现代意义的科学,还有许多空白点,没有事实,要用思辨以至猜想去补。这倒正如恩格斯所说的,是经典意义的"自然哲学"了。我们是科学的社会主义者,不能满足于'自然哲学'式的理论,要努力建立科学的美学。怎么办?上面说的走心理学的路是可取的。但我认为如果要说得更完整些,就应该引用思维科学这个概念,因为美感是人思维过程的结果。当然,思维的器官是物质的大脑,所以追到底,还会进入我所谓的人体科学,而人体科学的基础科学包括心理学。

这是从人的思维实践来研究美学,所以我以前也想把美学作为思维科学的一门学问。但我现在认为这不见得妥当,为什么呢?这是基于以下的理由:

人的美感与人的社会实践和社会意识有直接关系,不完全决定于人脑思维方式和规律,如抽象思维、形象思维和灵感思维。即便两个人的思维方法和规律相接近,但社会实践不同,从而社会意识不同,美感也很不一样。在阶级社会中,统治阶级的美感同被压迫被统治的劳动人民的美感不一样;而在今天,有些人认为是美的东西,而我们大多数人都说是精神污染!真是天南地北,截然不同。所以美的实践又是一项人的社会活动的产物,必须从社会活动的规律去理解。没有什么脱离社会实践的所谓美。

这样,研究美学还必须考虑又一条路子:考察文学艺术的创造和欣赏这项社会活动的规律。历史上的、旧社会的要研究,而对我们来说,尤其要集中力量研究在今天的中国,文学艺术与社会主义物质文明和社会主义精神文明建设的关系,它的规律。这就是我称为社会主义文艺学的学问。这里加了社会主义这个限制词,以区别于其他时代、其他社会制度下的文艺学;这是一门新时代的新学问,不是什么古老的文艺学论述。

技术美学在现代科学技术体系中的位置参见图 29 - 1。

1992 年 10 月,钱学森收到张博颖同志转送的《技术美学》一书后,在回信中指出,要分清"技术美学"、"技术美术"和社会科学的"技术美术学"三个概念。同时还指出:"因为'技术美术'活动常常会联系到许多工程技术问题,不是一位技术美术师单独能解决的。技术美术师要与工程师合作,合作就要求思想语言相通,这一点很重要。将来培养技术美术师可吸收从工程教育转过来的学生为主。"(《科学的艺术与艺术的科学》,202 页)

1980 年 2 月,钱学森在第二次中国科协全国代表大会上的讲话中专门强调的工业艺术,其内容实质就是技术美学。

对技术的审美评价是以对技术的理论评价为基础的。理论评价与审美评价之间是有机的、相互联系的,没有理论评价就没有审美的评价,而没有审美评价,理论评价也就无意义的了。在技术系统的审美评价中最鲜明地表现出技术因素和社会因素的结合及不可分性,这些因素决定着技术设备的功能效用,并使技术设备充分地具有思想色调。

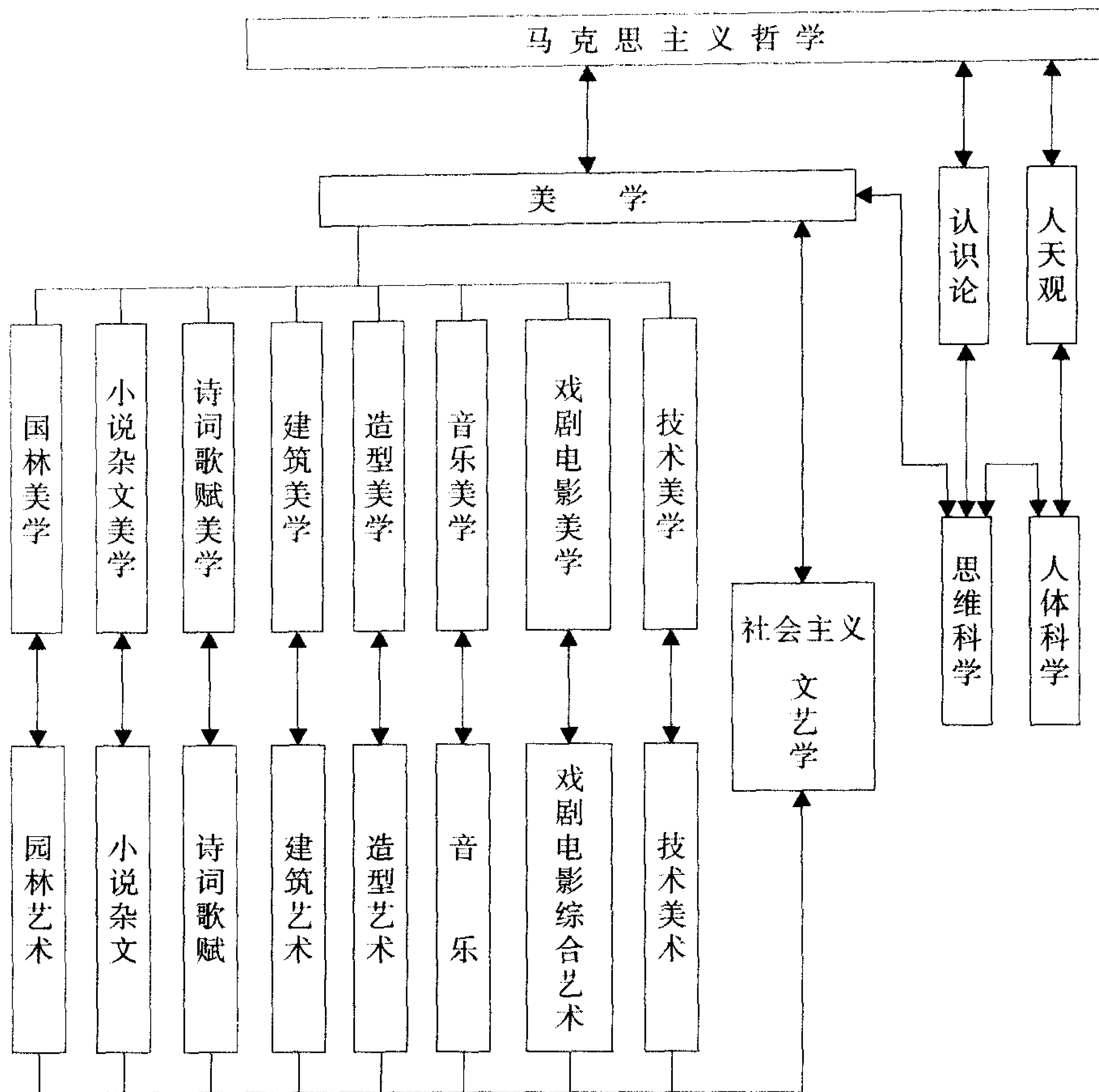


图 29－1　技术美学在现代科学技术体系中的位置

我们把什么样的劳动工具评定为美好的呢？很明显，那些能使我们满意，使我们愉快，那些最能达到人们实际目的和解决人们需要的，使人们的劳动具有创造性意义的劳动工具，才被我们认为是美好的。体现在技术手段（设备）中的技术思想可能是美好的，也可能是不美好的、丑陋的。技术的完美程度是由自觉地考虑到人的创造性才能发展的技术思想的新颖性、独创性决定的。

由于对技术的审美评价是从人的需要、人的发展、人的思想情感出发的，因此对技术的审美评价是以研究人的社会科学为基础的。由于对任何技术设备的研究、设计、制造（建造）、使用都离不开具有审美态度的人，因此，审美态度是把技术科学和社会科学紧密联系起来的一个重要环节。

三、技术与艺术结合的实践探索，以及美术的创新（创造）性

钱学森是从工程技术科学出发，步入学术殿堂的大家，他的思想、理论和学说等始终没有离开实践的基础。他倡导科学技术和文学艺术相结合的思想也是如此，他总是在探寻科学技术和文学艺术相结合的广阔天地。

钱学森非常关心我国工业设计部门新兴学科的建设和发展。他在很多场合对我国

工业设计学科的发展方向，作过重要指示。他认为："工业设计是综合了工业产品的技术功能和外形美术的设计，所以使自然科学技术和社会科学哲学中的美学相融合。"他还强调："把技术跟艺术、技术跟美术完全割裂开是不对的，不符合人类建设的历史。"

Scientific American(《科学美国人》)1993年第2期上刊登了一篇题为《动态艺术工艺学》的文章，钱学森读后，马上致信朱鹤孙教授，并寄去了文章的复印件，他希望我国的工业设计工作者们把这篇文章中创造的"在微风中会动的'塑型'"这一独特的艺术，发展成为具有中国特色的"灵象"艺术。具有更多可供人们欣赏、能够陶冶人们性情的优美风采。

钱学森还谈到诸如20世纪50年代初美国电影动画片《恐龙世界》，以及后来出现的美国洛杉矶迪斯尼乐园等等，都展示了艺术与科技相结合的广阔天地。

在体会钱学森的美学和美术思想，和体会他的科学技术思想时，人们总能感悟到一种创新的、创造的、探索的展望未来的欲望和激情。

早在1979年的那篇讲话中，钱学森就提出，建筑艺术实际是几乎工程技术和造型艺术之间的东西。也有人还要细分：把建筑划成以艺术为主的构筑，如纪念碑、纪念塔、美术馆、博物馆，以至大会堂等公用建筑；另一类是以使用为主的构筑，如工厂、办公楼、宿舍等。其实分类或不分类，建筑应该有艺术的成分是无疑的，人们总喜欢他日常生活的房子不但合用，而且有美感，给人以精神上的享受。在我们国家，尤其要提到与建筑相关联的园林，这是我国传统的艺术，大至一处山川风景区、一座皇家宫苑，小至一户住家的园林，都是艺术上的杰作，称颂中外。

第二篇

钱学森与现代学科技术发展

第三十章至第六十章

第三十章 钱学森与近(现)代力学

钱学森早年在美国最主要的研究领域是应用力学(空气动力学和固体力学)、航空工程、喷气推进和航天技术、工程控制论、物理力学。他对这些领域的发展都作出了开创性的贡献。他在应用力学方面的研究成果,为超音速飞机克服"声障"和"热障"奠定了理论基础;他与冯·卡门合作,对飞机金属薄壳结构非线性理论进行的研究,解决了薄壳结构理论的重大课题;以他和冯·卡门的名字命名的"卡门-钱公式"曾经是飞机设计中的重要计算公式。在空气动力学领域,他同冯·卡门和郭永怀等人合作,进行了一系列的研究,对发展高速航空器相关的空气流动理论作出了重要贡献。

一、关于力学时代的划分

早在 1962 年 1 月,钱学森发表了《什么是近代力学》,1978 年 12 月又发表了《现代力学》等涉及力学史的重要文章。通常,关于历史的年代划分都以公元计算,但作为力学史的原点则不一定以公元的起点计算,它应该从 1640 年,即伽利略、牛顿时期算起。世界力学史大致划分是:古代(公元 500 年以前);中世纪(公元 500—1600 年);经典力学的建立时期(1640—1800 年,自伽利略、牛顿时期开始);经典力学进一步发展、分科的时期(1800—1910 年,整个 19 世纪,包括 20 世纪前几年)。根据钱学森的观点,1910 年以后,称为近代力学时期;1960 年以后,可称为现代力学时期。

1. 近代力学(1910—1960 年)时期

17 世纪末叶,英国科学家牛顿在总结前人工作的基础上提出了力学的三个基本定律,从而奠定了经典力学的基础。

随着 18—19 世纪工程技术的蓬勃发展,以及随之而来的自然科

学的进展，出现了许多新的力学问题，特别是天体运行的力学问题。它们推动了经典力学的发展，并出现了“分析力学”。可以说这时已经孕育着近代力学的胚胎。

钱学森认为，近代力学的起点应该是从20世纪初开始到60年代为止。从1910年到1960年这50年，可以称为是“应用力学”时期，力学工作者对当时新兴的航空技术和航天技术震撼世界的成果，作出了巨大的贡献，他们是时代的英雄。近代力学时期的代表人物有路德维希·普朗特（Ludwig Prandt，1875－1953）和冯·卡门。这一时期中，人们开始注意到理论和实际的结合。20世纪初虽然已经有了飞机，但要把它转化为航空工业，还有许多理论工作要做。普朗特是哥廷根学派的领袖人物，由于他提出并解决了“边界层理论”和“升力线理论”等理论问题，使飞机有了可靠的设计基础，航空工业由此获得发展。后来，冯·卡门在流体和固体方面又做了很多工作。在这个阶段中，力学对航空、航天事业的发展，起了很大的作用。

2. 现代力学阶段（从1960年开始）

在国外，曾有人认为力学发展到今天，已经到头了，因此很多人就转到与力学有联系的其他学科领域上去了。钱学森认为，电子计算机和其他新技术的出现，给力学研究提供了很多方法，必将会使力学研究领域出现新的天地。

钱学森学识渊博，早年在美国的研究所涉及的学术领域十分广泛，不仅是航空，还有航天；不仅是空气动力学，还有固体力学、结构力学、物理力学、化学流体力学、工程控制论、运筹学等等，他总是与新兴科学紧密联系着，走在科学的最前沿。

1982年5月，在北京召开的中国力学学会第二届理事会扩大会议开幕式上，钱学森以《力学科学在我国的发展及今后的任务》为题发表了重要讲话，他说，力学发展到现在，主要是应用力学，即把力学的基本原理应用到各个方面，解决问题。从这一点出发，力学工作者主要应当为工程设计服务，直接为发展生产服务。力学工作的目标，是建立准确的数学模型，然后用电子计算机求出答案，供工程技术人员使用。计算力学是最经济、效率最高的工程设计方法。

钱学森认为，要达到这个目标是很不容易的，要首先搞清现象的机制机理，在许多基础工作的基础上，建立准确的数学模型。有了数学模型，还要研究发展计算数学，才能有效地上电子计算机计算。

钱学森同时还指出，为工程设计服务，是力学工作的一个主要方面，但不是唯一的方面，它的另一个方面是为发展自然科学服务。力学和数学、物理、化学、天文学、地学、生物学等学科都可以结合，互相服务，互相促进各自学科的发展。力学的这两个方面不能截然分开，而是要经常交流，紧密配合。

二、钱学森在应用力学研究方面的贡献

20世纪之初，航空技术的发展和流体力学的研究基本上是脱节的。1903年，莱特兄弟（Wright brother）实现了第一次有人驾驶的动力飞行，但流体力学家并没有给他们提供设计原则。19世纪，理想流体（即无黏性流体）力学的理论已经比较完整的建立起来，但是这个理论的第一个结论被人称之为D'Alembert佯谬。它说明，物体在无黏性的流体

中运动,即无阻力,也无升力,理论和实际严重矛盾。只是到了 1904 年,德国的普朗特提出了边界层的理论,认为只要有在紧贴物体表面的一薄层的流体中考虑粘性的作用,从而大大简化了流体力学方程,并求得了物体所受到的摩擦阻力。从此,由普朗特开创的应用力学便和航空技术紧密地结合起来,并且成为推动航空技术发展的理论基础。

如果说,20 世纪初是普朗特在德国的哥廷根(Güttingen)开创了应用力学学派,那么到了 1930 年,普朗特的得意门生冯·卡门把应用力学从德国带到了美国。当时美国加州理工学院的校长密立根(R. A. Millikan)从德国把冯·卡门请去,主持该院的航空工程系。在普朗特和冯·卡门那个时代,一些国家的政府已经注意到飞机的军事用途,纷纷成立航空科研机构。第一次世界大战中大规模使用了飞机,飞机性能迅速提高,从双翼机发展到单翼机,从木布结构发展到全金属结构,从敞开式到密闭式,从固定起落架到收放式起落架,飞机的升限、速度以至发动机的功率成几倍地提高。上述进步的每一项都和应用力学研究的进展紧密相关。力学大师们围绕飞机的升力和阻力的原理,系统地开展理论研究和风洞试验,为工程师们提供设计飞机外形的原则和基本数据;研究材料和结构的强度原理,提供选择材料和结构形式的依据。可以认为,当时的欧洲科学家,特别是德国的以普朗特-冯·卡门为代表的哥廷根应用力学学派,对于推动航空和发展力学所起到了核心作用。

1935 年,冯·卡门参加第五届 Volta 会议,这次会议标志着超声速时代的开始。1936 年,钱学森到达加州理工学院学习,从师冯·卡门,在上述时代背景下开始做他的博士学位论文工作。冯·卡门建议他研究与高速飞行直接相关的考虑空气可压缩效应的问题。经过 3 年时间的紧张和艰苦的工作,1939 年,他完成了极其出色的博士论文。论文的内容丰富多彩,包含 4 个部分。前面 3 个部分的工作都是冯·卡门建议做的,它们是:可压缩流体边界层,有倾角的回转体的超声速扰流以及应用恰普雷金变换求解二维亚声速流动。第四部分则是和同学马利纳合作研究的结果,内容是以逐次脉冲推进的探空火箭的飞行分析。

1938 年,钱学森在冯·卡门的指导下,首先从事高速飞行的空气动力学研究,即所谓可压缩流体边界层研究。这一问题在数学上求解的困难在于,高速飞行时,飞行体周围的空气密度发生显著的变化,即所谓压缩性效应,使得方程不在是线性的。钱学森采用简化边界层方程的做法,然后运用逐次近似解法求解非线性方程,取得了成功。他把已知的不可压缩流动的解推广到可压缩流动,即飞行马赫数较大的情况,得到有关高速飞行体的阻力和表面热效应两个方面的重要结论。钱学森的这一研究从理论上预见了实现高速(即声速和超声速)飞行将面临的一大障碍,即后来人们所说的“热障”。这是一个观念的转变,因为在早年低速飞行时,飞行体周围的空气是“冷的”。而现在则面临一个全新的问题,即空气对飞行体的加热作用。鉴此,钱学森指出,必须对飞行体表面采取有效的冷却或防热措施,才能实现高速飞行。

钱学森在这一时期的研究的实际意义在于:当时试验飞机模型的风洞风速一般都不高,与声速相比马赫数不到 0.2,不能测定飞机在高马赫数飞行时表面受到的各种力,因此急需一个从低马赫数风洞实验结果修正到高马赫数的方法。为此,当时有数学家做了

一套严密的数学推理，但很不好用。冯·卡门凭着对物理问题的洞察力，建议钱学森在求解由速度图变换得到的线性方程时，用来流状态处的切线作近似，结果可能更好。遵照老师的指导，钱学森通过计算研究，证明采用这种近似，可以计算高亚声速的流动，而且能够得到很精确的计算结果，这就是著名的“卡门－钱（近似方程）公式”。在第二次世界大战期间以及战后相当长一个时期，在现代计算手段电子计算机出现之前，卡门－钱公式被广泛用于飞机机翼型的设计，特别是应用于计算作用在机翼上的各种力。

今天的人们对一架架装有后掠机翼的巨型喷气客机早已熟视无睹了，但在61年前，他却是钱学森等人的一次创新的结果。1945年4月，第二次世界大战中，随着盟军在德国的推进，钱学森和他的导师冯·卡门一行到德国各航空中心考察。在那里他们发现、证实了后掠机翼可以推迟阻力上升，该结果迅速传到波音飞机公司，导致B－47飞机的全部重新设计。这一研究结果的迅速取得，是直接得益于钱学森和他的导师冯·卡门一行共同提出的“卡门－钱（学森近似方程）公式”。这是当时在这一领域唯一正确的公式，它从20世纪30年代一直应用到50年代，直到计算机发展起来并用于飞机的设计计算为止。

钱学森提出的超声速流动的“相似律”，至今仍是指导这一领域科研人员进行科研工作的一条重要原则。

1938年，钱学森在美国与冯·卡门合作进行了“可压缩流动边界层研究”。这也是他的第一篇博士论文。在做这篇论文时，依照钱学森的数学水平，他可以轻而易举地完成老师交给的任务，但他没有走捷径，而是首先系统地查阅前人的文献，阅读文献的笔记就写了450页，并改正了前人许多不足之处，然后才撰写自己的论文。

钱学森在1939年发表了关于“可压缩流体二维亚声速流动”的研究结果。这是他的第二篇博士论文。就是在这一篇论文中提出了著名的“卡门－钱公式”。由于这一研究成果，使他一跃成为世界著名的空气动力学家。

钱学森在美国的另外一个重要研究领域是固体力学。1939年，钱学森获得博士学位后，开始对薄壳的失稳问题发生了兴趣。这是因为，早期的飞机都是木结构，外加蒙皮。随着飞机飞行速度的提高，木结构不能适应飞机发展的需要。在20世纪30年代中期以后，航空工业界开始设计和生产全金属壳体结构的新型飞机。这种新型飞机具有质量小、强度高的优点，但当其受到的载荷超过一定数值时，壳体会发生皱瘪而失效。这种现象称为屈曲，是飞机克服“声障”和“热障”，实现超声速飞行的又一难题。设计师需要知道发生屈曲的临界载荷的大小，可是经典线性理论给出的数值却远高于试验值，要得其解就只能依赖于从相当分散的试验中整理得到的经验关系。为了解决这一矛盾，理论上必须考虑大挠度的影响，然而数学上却遇到了求解非线性方程的困难。在深入研究这一问题之前，钱学森首先对前人的工作作了系统总结，剖析了前人理论的优缺点，利用了当时可能得到的实验数据，认为应该从考虑有限挠度的弹性屈曲理论入手，采用能量法求取屈曲临界载荷。

钱学森首先研究球壳失稳问题。他认为经典理论之所以失败，在于没有考虑到，在加载过程中球壳除了保持球形位形以外，还可能存在位能更低的其他位形。壳体在受到

外界干扰时,会从球形位形跃变到位能较低的某个位形。因此有必要区分经典线性理论所给出的“上”屈曲载荷以及壳体发生有限变形而屈曲的“下”屈曲载荷。前者可以在试验中小心避免不对称等初始缺陷而达到,而设计所需的临界载荷只能是后者。他运用上述能量跃变原则,计算得到的“下”屈曲载荷值确实和试验值很接近。紧接着,把能量跃变原则又推广到应用更为广泛的柱壳的情况,上述研究结果很快被设计师所采用。柱面薄壳的稳定问题也是火箭飞行的技术关键。

从 1940 年开始,钱学森与冯·卡门合作,对飞机金属薄壳结构非线性屈曲理论的研究取得了一系列成果,包括外部压力所产生的球壳的屈曲,结构的曲率对于屈曲特性的影响,受轴向压缩的柱面薄壳的屈曲,有侧向非线性支撑的柱子的屈曲,以及曲度对薄壳屈曲载荷的影响等,结果说明过去理论的缺点在于忽视了大挠度非线性影响。由于他推导得出的“下屈曲载荷”与试验测量数据非常接近,因此,其理论很快被学术界所接受、并被工程技术界所应用。

1940 年以后,钱学森又把主要精力放在空气动力学的研究方面。20 世纪三四十年代,是世界航空工业飞速发展的时代。同时,与飞机设计直接相关的空气动力学理论也在这一时期迅速发展和完善,使得飞机设计工作逐步摆脱过去那种纯经验型模式,并建立在可靠的理论基础之上。

在这一历史性发展中,钱学森作出了许多开创性贡献。为突破声障,实现高速飞行,研究跨声速流场是个重要课题。他在 1944 年和 1946 年发表在 NACA Technical Note 上的两篇文章成为跨声速流动理论的经典文献。其中一篇是讨论跨声速流场中的极限线;另一篇是与郭永怀合作撰写,提出了上临界马赫数的重要概念。

对于给定机翼外形,当均匀的可压缩理想气体的来流马赫数逐渐提高到达某一临界数值,飞行体附近的最大流速会达到局部声速,人称临界马赫数。钱学森与郭永怀合作,最早在跨声速流动问题中引入上下临界马赫数的概念。根据他们的研究发现,对某一给定外形,在均匀的可压缩理想气体来流中,当来流马赫数达到一定 h 值时,飞行体附近出现超声速的流动区域,流场仍然会是连续的,仍然存在数学上的连续解,这时的来流马赫数即下临界马赫数;当来流马赫数进一步增加时,飞行体附近出现超声速流场,突然会出现不连续的流场,并出现激波,数学解突然不存在,即没有连续解,这时的来流马赫数可称为上临界马赫数,它标志着流场从连续到不连续的突变。真正有实际意义的是上临界马赫数,而不是以前大家所注意的下临界马赫数,因而上临界马赫数这一概念的提出乃是一个重大发现。

这个重要概念的提出固然是个大胆的设想,但是要论证和计算它的存在则遇到数学求解的困难。描述运动的偏微分方程不仅是非线性的,而且流场中同时出现亚声速和超声速两个相邻的流区,数学上分别对应椭圆形和双曲形的偏微分方程。钱学森和郭永怀仔细地分析了变换中所出现的奇点的性质,正确地得到了经过解析延拓的解;并且利用超几何函数的渐近性,克服了级数收敛缓慢的困难,得到了包括亚声速和超声速流区的整个混合流场,从而进一步确定上临界马赫数的大小。

超级空气动力学——稀薄气体力学(superaerodynamics)这个学科最早由 A. F. Zahm

在1943年提出来的。由于当时的飞机还到不了空气非常稀薄的高度，所以研究只有纯学术的意义。到了20世纪40年代中期，钱学森考虑到，远程喷气飞机的最优飞行高度估计在100公里左右，那里的空气已经非常稀薄，不能当作连续介质看待，必须运用稀薄气体力学的概念和方法来指导飞机的设计。他在1946年发表的"Superaerodynamics – Mechanics of Rarefied Gases"一文，讨论了这一流体力学新分支的基本概念和说明某些已经得到的结果，以便推动这一流体力学新分支的发展。在这篇文章中，他首先介绍了分子运动平均自由程 l 的概念，并用 l 与物体的特征长度 L（或边界层厚度 δ）之比 l/L（或 l/δ）形成一个无量纲常数，在由马赫数 Ma 和雷诺数 Re 构成的平面上，以 l/δ 为指标把4个区域，即：自由分子流区，过渡区（其特征是分子间的碰撞和分子与物体表面的碰撞同等重要），滑流区和气体动力学区。于是，可以由 Ma 和 Re 两个数值来判断流动属于哪种类型。接着，他分别讨论了滑流的应力和边界条件，小 Ma 滑流的边界条件，大 Ma 自由分子流以及流过倾斜平板的自由分子流及相应的升力和阻力系数。他在文中所提出的流动区域的划分原则被人们认为是研究稀薄气体力学的开创性工作。

这个时期，钱学森的工作涉及航空领域的许多方面，包括亚声速、超声速、高超声速和稀薄气体动力学、固体力学，特别是壳体的非线性稳定问题等。在冯·卡门的指导下，加上加州理工学院民主的学术氛围，钱学森如鱼得水，迎来他一生中的第一个创造性高峰。加州理工学院的同事们认为，这师徒二人可谓天造的一对，冯·卡门善于提出宏观理论框架，而钱学森则擅长于严密的数学证明。冯·卡门的另一位学生弗兰克·马勃教授说："钱是卡门最优秀的助手，每当你看到他们在一起，你就会看到创造。"

冯·卡门对自己的学生也十分满意，他说："钱和我一起解决许多数学难题，我发现他很有想象力，他善于将自然现象中物理景图直观化，并将这种能力与他的数学天赋很好地结合起来。尽管他还是个青年学者，但已能在一些很难的课题上帮助我澄清自己的一些想法。这样的天才是不多见的。我和钱成了亲密的同事。"（[美]冯·卡门，李·爱特生著，《冯·卡门——航空与航天时代的科学奇才》，上海科学技术出版社1987年，373页）。

三、大大扩展了近代力学的范围

钱学森在一次讲演中指出：应该扩大力学的范围。力学的内容不应只包括应用力学创始人克莱因时代的固体力学和流体力学，还应包括弹道学、物理力学、稀薄气体力学、化学流体力学和电磁流体力学以及自动控制理论、原子能利用等等。更为可贵的是钱学森在他所列举的上述学科领域里几乎都作出了开创性的贡献。

钱学森在努力探索超声速飞机以及火箭和喷气推进飞行器的性能和原理的过程中，特别是在他研究火箭发动机内部的燃烧过程时，需要用到介质和材料在高速和高温状态下的成分和性能。可是，手册上查不到有关的数据，实验也得不到这些数据。他便应用统计力学、光谱学和化学动力学，研究了气体和液体的平衡和输运性质以及气体的热辐射性质等，从而开辟了一条崭新的通过技术科学解决工程技术问题的途径。

钱学森敏锐地认识到，在火箭技术、核能技术等重要领域，工程师们迫切需要高温、

高压、超高温、超高压及放射线作用等条件下的介质和材料的性质，诸如本构关系、输运性质及化学反应的平衡和动力学的数据等。如果完全依靠实验，会遇到很大困难。他考虑到近代物理和化学的发展，对物质在原子核以外的微观结构已有相当的了解，有条件来建立一门新的技术科学，即物理力学。它的目的是想通过对物质的微观分析，把有关物质宏观性质的实验数据加以总结和整理，找出规律，得到需要的数据，甚至可以利用这些规律预见新物质材料的宏观性质，为发展新材料和新工艺服务。

1953 年，钱学森在美国加州理工学院正式开设了物理力学课程。与此同时，他发表了“Physical Mechanics - A New Field in Engineering Science”一文，正式了物理力学这门新的技术科学。1956 年，在他创建的中国科学院力学研究所里成立了物理力学研究组，他亲自下工夫培养了我国第一批物理力学的研究人员。1962 年，他编著的《物理力学讲义》正式出版，系统介绍了物理力学的基本概念和研究方法，也介绍了他自己所做的有代表性的工作。1958 年，中国科学技术大学成立，由他主持设置了物理力学专业，1963—1965 年连续毕业了三届学生，许多人被输送到力学研究所，成为该所物理力学研究室的生力军。

从钱学森倡导物理力学的研究到今天已有半个多世纪了。回想当年，由钱学森把 S. S. Penner（潘纳）请到加州理工学院来合作研究，用光谱方法探测喷气发动机的燃烧过程，开展了包括对光谱吸收系数、发射率和辐射输运问题的研究，到 1961 年，潘纳创办的学术期刊“Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer”，标志着钱学森所开创的“定量光谱学”成为又一门新学科。可见，物理力学在美国早已开花结果。最近 30 年来，在分子动力学模拟方面所取得的进步再次说明了物理力学的巨大生命力。今天，钱学森所倡导的物理力学这门微观与宏观相结合的学科正在更为广泛的范围内蓬勃发展。

在钱学森归国之初，中国科学院建议他到东北作一次考察。在考察途中，他完成了对于组建力学研究所、发展力学事业的构想。特别是通过在哈尔滨工业大学、长春机电研究所和沈阳东北工学院的 3 次讲演，一次比一次完整地勾画出他的设想蓝图。

关于力学的范围，钱学森认为，力学是技术科学中的理论部分，力学的内容除传统的固体力学、流体力学，还应该包括化学流体力学、磁流体力学、物理力学以及自动控制理论、核能利用、工程经济、运输理论等。

第三十一章

开创喷气推进与航天技术的新时代

从1936年起，钱学森就开始从事喷气推进研究和火箭技术研究，在火箭和航天技术领域提出过很多重要概念和理论，成就斐然，被冯·卡门誉为当时(1945年)"全美国优秀的一流火箭专家"。钱学森在空气动力学和固体力学方面的研究成果，为20世纪30年代攻克"声障"和"热障"问题，使飞机工业从老式的螺旋桨飞机发展到现代喷气式超声速飞机，及全金属薄壳飞机的出现，奠定了理论基础。钱学森曾担任过加州理工学院古根海姆喷气推进中心主任。他说过："当人们认识了天上的星是大宇宙空间的物体，是和太阳、是和地球一样的，谁不会产生到这些天体上去旅行的愿望？谁不想去看看这些'另外的世界'？"

一、开创喷气推进与航天技术的新时代

上世纪30年代，火箭在技术上或理论上都是很不成熟的，并且常常由于被用来和科幻小说中的登月和宇宙航行相联系，因而，被蒙上了一层神秘的外衣。那时，火箭的研究，除极个别情况外，还远没有被纳入传统科学研究的议程，即使在美国，研究火箭仍是登不上科学殿堂的旁门左道。然而美国加州理工学院的一批年轻人：弗朗克·马林纳(Frank Malina)、约翰·伯翰、爱德华·福门等在1936年6月找到了冯·卡门，希望在冯·卡门的航空实验室作实验，冯·卡门被年轻人们的真诚打动了，破例允许他们在下班以后利用实验室的部分车间，但不给予经费支持。从此，他们开始了火箭研究。不久，钱学森也加入了进去，形成了研究火箭的五人小组。于是，钱学森开始了他与火箭和航天技术的不解之缘。他与马林纳等一起研究火箭发动机的热力

学问题、探空火箭问题和远程火箭问题等，在火箭研究小组里担任理论家的角色，为小组设计和改进小型液体推进剂火箭，分析计算燃烧室中的温度，燃烧产物的膨胀对火箭效率的影响，发动机的推力，火箭的理想效率等等。1937 年 5 月 29 日，他向小组提供了一份研究报告，解决了火箭设计中的一系列问题。他晚年回忆道："马林纳这个人很聪明，小组其他几个人动手能力也强，但他们理论上不怎么样，于是找到我，要我帮助解决一些理论计算问题，就这样我参加了火箭研究小组的工作。"那时，他们的工作既得不到理解，也没有经费，只好靠打工挣钱来购买二手材料试制火箭。火箭试验是非常危险的，还发生了爆炸，他们被全校师生称之为"自杀俱乐部"。在学校实验室发生爆炸以后，他们就被迫把设备搬到了一个叫阿洛约塞科的干涸的河床上。这里后来发展成为世界著名的喷气推进实验室（JPL），是美国火箭的摇篮。

由此可见，在当时选择火箭技术作为严肃科学研究的对象，是冒着很大风险的，没有一种向未知领域挑战的严肃科学精神，没有敢于向传统观念挑战的勇气是很难做到的。钱学森后来在这一领域取得如此杰出的成就，是付出极其艰辛的劳动的，是做到了持之以恒的，其动力来自于他献身于以推动工程与技术的使命感和为中华民族争气的民族责任感。

上世纪上半叶是科学和工程走向密切结合的时代，从而形成了技术科学这样一个中间层次的学科，其中最具代表性的一个范例，就是以技术科学为指导的把航空工业建立在科学理论的可靠基础上，使飞机设计在空气动力学理论的指导下，突破了"声障"和"热障"，实现了高速飞行，同时发展了火箭技术，开创了喷气推进与航天技术的新时代。当时美国的加州理工学院古根海姆航空实验室（GALCIT）就处于推动这项进步的前沿，而它的领导人正是钱学森的老师、后来成为密切合作者的著名科学大师冯·卡门。勇于开拓的钱学森到加州理工学院不久，便显示出令人瞩目的才华。从他在美国 20 年的论著看，他始终如一地以推动航空和航天新技术的发展为目标，努力探索处于科学与技术最前沿的问题。

当时火箭的技术水平很低，有人估计，火箭可达到的高度只有 3 公里，还不能满足探空火箭的需要，这就促使钱学森作进一步的分析。他在 1939 年发表的"Flight Analysis of a Sounding Rocket with Special Reference to Propulsion by Successive Sciences"一文（即博士学位论文的第四部分）探讨和论证了逐次推进的方案，即采用硝化棉一类的固体火药作为推进剂快速燃烧排气而获得脉冲式推力的方案，可以使火箭达到 30 公里的高度，满足探空火箭进行观测的需要。

1938 年 5 月，美国陆军航空兵司令阿诺德（H. Arnold）亲临冯·卡门领导的古根海姆实验室，对火箭研究表示特别的关心。秋天，阿诺德进一步要求他们研制用火箭助推重型轰炸机起飞的装置，使轰炸机能在太平洋小岛的短跑道上起飞升空，并和冯·卡门签订了第一份合同。一年后，由于火箭研究工作卓有成效，他们又签订了经费达 1 万美元的第二份合同。冯·卡门为此制定了 GALCIT－1 号计划。经过火箭研究小组的努力，终于研制成功新型的复合推进剂，火箭助推起飞器在 1941 年 8 月试飞成功。钱学森在这一计划的制定和实施过程中都作出了重要贡献。直到今天，火箭助推器仍然被用来当作

飞机起飞时的备用推力装置。

钱学森是高超声速(Hypersonic)技术的倡导者之一。他在1945年发表的论文《论高超声速相似律》中首先采用Hypersonic这个词来表示高超声速,即飞行马赫数大于5的飞行,后来这个词就在全世界流行开来。高超声速技术发展的历程虽然历经多次起伏,但由于重要的战略地位,许多国家至今仍坚持不懈地进行着研究工作。高超声速技术的应用目标是实现低成本进入太空。

1944年,冯·卡门同意阿诺德将军的要求,组织一个科学咨询团,为未来20~50年空军发展制定规划。1945年,科学咨询团为美国陆军航空兵完成了题为"Toward New Horizon"(《迈向新高度》)的带有发展和规划性的报告,报告共9卷。作为科学咨询团核心成员的钱学森,在《迈向新高度》中提出了他自己的观点和思想。他在《迈向新高度》这份研究报告的第3、4、6、7和8卷以及技术情报附录中,详细地论述了有关高速空气动力学、脉冲式空气喷气发动机、冲压发动机、火箭、超声速箭形翼导弹以及核能作为飞行动力的可能性等方面的研究概况、存在问题以及发展前景。他完成的考察报告受到阿诺德将军的通令嘉奖。这份报告为第二次世界大战以后美国取代德国在航空科学技术的领先地位,以及在20世纪下半叶美国空军称霸世界奠定了重要基础。

钱学森还参与了美国早期用可储存液体推进剂的几种试验性火箭,如1945年"女兵下士"探空火箭和后来的"下士"导弹研制工作。他对美国航空科学技术的发展所作出的贡献是不可抹杀的,而他的这些研究工作也正是为他后来回到祖国发展中国自己的航空航天事业所做的充分准备。

从钱学森的同事和挚友Frank E. Marble教授精心收集、保存和设法送返中国的钱学森1936至1955年科研工作的手稿可以清楚地看出:那个时期,钱学森以推动航空,航天技术为目标,始终以超前的方式,以新的科学思想和成果,带动这项技术的发展。他的工作涉及航空,航天科学的许多方面,包括亚声速、超声速、高超声速、稀薄气体动力学和固体力学,特别是壳体的非线性稳定性,以固态、液态推进剂和核能为动力的火箭发动机、暂冲式火箭发动机、火箭助推器,远距离和宇宙航行,飞行轨道和控制与优化理论,物理力学和工程控制论的创建等众多方面,为航空、航天工业科学基础的奠定,作出了开创性的、全面的贡献。在这个过程中,钱学森以少有的勤奋精神不断地拓宽自己的知识领域和工作领域。

从这些极具科学价值和教育意义的手稿还看到,一方面钱学森的研究工作所涉及的科学问题十分宽广,另一方面又紧紧围绕航空和火箭技术发展的需要。

二、美国加州理工学院古根海姆喷气推进中心的创始人

1946年,钱学森接受麻省理工学院的聘请,担任副教授。1947年晋升进入该校年轻的正教授行列。到了1949年,经冯·卡门与亨利·古根海姆(Harry Guggenhaim)磋商,古根海姆基金会决定同时在加州理工学院和普林斯顿大学建立两个喷气推进中心(Jet Propulsion Center)。由于钱学森的学知和能力,他成为喷气推进中心主任最佳人选。当时,他同时收到了两所大学的聘请,但他最终决定出任母校加州理工学院喷气推进中心

主任的职务。根据古根海姆基金会决定，同时要赋予喷气推进中心主任以美国火箭先驱罗伯特·戈达德（R. H. Goddard，1882－1945）命名的喷气推进教授的荣誉称号。喷气推进中心有三项主要任务：（1）培训青年工程师和科学家，为将航空技术推向新阶段培养先驱者；（2）研究喷气推进的先进思想，为新阶段的坚实发展提供基础知识；（3）促进喷气推进在和平时期的商业和科学方面的应用。

在很大程度上，由于钱学森的坚持，加州理工学院喷气推进中心的学科对象是航空工程和机械工程之间的交叉学科。解决喷气推进问题的手段需要机械工程和航空工程两方面的知识和实践。中心设置的课程全面覆盖喷气推进系统的基本原理和飞行器的性能。中心的研究则围绕当时火箭和喷气推进飞行器的研究前沿的重大课题，诸如：热应力和高温材料问题、热交换和冷却问题、燃烧稳定性和化学反应的平衡及动力学问题、火箭和喷气推进飞行器的性能问题等。许多经过喷气推进中心培养的人员后来成为美国航空技术研究单位和军事部门的骨干。

1949 年，钱学森发表了核动力火箭的经典论文《关于火箭核能发动机》，提出了核动力火箭的设想。这是全世界第一篇关于核动力火箭的论文。核动力火箭与传统设计相比有突出的理论优势。航天飞机、运载火箭等火箭的引擎由化学反应产生热气体，然后靠气体从排气管喷出产生动力。即使是液态氢这样的燃料所含的能量也十分有限，所以火箭要长途飞行就必须携带极多的燃料。与之相反，核引擎只需几公斤的裂变铀就能产生巨大的热量。推进剂不像在传统的火箭中那样燃烧，它只是非常迅速地膨胀，然后喷出，就像水蒸气从壶中冒出一样。这使得核动力火箭的推动力比最强大的传统火箭还要强。

三、最早提出航天飞机概念

从 20 世纪 40 年代到 60 年代初期，钱学森在火箭与航天领域提出了若干重要的概念。在 20 世纪 40 年代，提出并实现了火箭助推动起飞装置（JATO），使飞机跑道距离缩短；在 1949 年，提出了火箭旅客飞机概念和关于核火箭的设想；1950 年 2 月，在一次科学会议上发表了关于火箭飞行的精彩演讲，在当时被称为"惊人的火箭理论"，震动了美国公众，纽约等城市的各大报刊纷纷加以报道，并刊登了他的照片，还出版了刊有他设计的火箭图片的画册。在 1953 年，研究了行星际飞行理论的可能性并提出卫星轨道上起飞的可能性。他这些超前的设想和科学预见，已被后来航空航天技术的发展所实现。

采用大推力运载火箭和航天飞机是两种不同的航天技术路线，并不是说，哪一种技术先进或落后。目前，世界上具有航天技术的国家中，美国走的就是航天飞机的技术路线，而我国和俄罗斯及欧洲国家则走的就是运载火箭的技术路线。虽然美国采用的是航天飞机的航天技术路线，但是，关于航天飞机的概念却是钱学森首先提出来。钱学森在 1962 年出版的《星际航行概念》中，提出了用一架装有喷气发动机的大飞机作为第一级运载工具，用一架装有火箭发动机的飞机作为第二级运载工具的天地往返运载系统概念。而关于喷气发动机，他提出要"以涡轮喷气发动机起飞，当高度超过 10 公里及飞行速度达到两倍声速以上时再把冲压发动机开动，继续爬高和加速，直到极限，然后第二级

火箭脱离第一级火箭起飞”。在20世纪80年代后，许多国家又详细研究了他提出的这个概念。实际上他的这些概念就是后来美国航天飞机的雏形。他在20世纪40年代末提出这一科学设想时，并未得到广泛的赞同，在美国科学界引起了极大的轰动。有人说他“疯了”，有人则称赞他是一位“科学天才”。

四、关于航空、航天、航宇的概念

宇宙空间是广袤无垠的，人类对宇宙的认识和利用，也是一步一步发展的。钱学森认为，从上世纪初发展起来的航空技术，实际上是在低层大气中航行的技术，离地面至多不过20～30公里，比起地球半径的6 400公里，简直是贴地面的飞行。即便如此，这门航空技术也大大影响了人类的社会活动，成为上世纪前半叶的一项伟大的科学技术成就。

从1957年人类第一颗人造地球卫星进入太空以来，人类对自然界的认识和利用突破了地球大气层的屏障，进入了一个新的境界。然而，这只不过是人类刚刚踏出地球的大门。要恰当处理空间技术发展中的矛盾，必须注意空间技术发展中的阶段性。飞出地球大气层，实现太阳系内的航行，这是空间技术发展的第一阶段，可以称为航天技术阶段；而飞出太阳系，真正实现宇宙飞行，则是空间技术发展的第二阶段，可以称为航宇技术阶段。早在20世纪50年代，钱学森就有了这样的认识。1957年他在《苏联发射人造卫星在科学技术上的意义》的报告中就明确地提出：“我们可以说：航行于行星间的飞行是一级星际航行，而航行于恒星间的飞行是二级星际航行。一级的是就可以做到的，而二级的还有待于将来。”

1967年，钱学森首先提出“航天”一词，在20世纪70年代又进一步作了阐述。他说，正像在大气层内的航行叫航空一样，我们把大气层以外、太阳系以内的航行叫航天，把太阳系以外的航行叫航宇。

航空、航天、航宇的划分，是人类认识自然和改造自然的过程中的客观存在的某些阶段性的科学反映。飞机要依靠大气，而大气的高度有限，能支持飞机飞行的大气层高度不过20～30公里。尽管航空技术日积月累的经验对航天是极其宝贵的，但套用飞机升空的老办法，人类将无法飞出大气层。航天技术是从导弹技术的基础上发展起来的，但它毕竟同导弹技术的任务不同，对运载工具的要求，较之导弹技术的要求也另具特点。比如：工作时间长；一次飞行中可能需要在失重条件下多次启动发动机；着重加大运载能力，对使用条件要求不那么严格；要经济性能好，甚至要考虑重复使用，等等。由此可以想到，未来的航宇技术也一定自有其不同于航天技术的新特点。

五、钱学森星际航行理论“平话”

钱学森影响了几代中国航天人的专著《星际航行概论》以及他在20世纪50年代后期关于宇宙火箭的多篇报告充分反映出了这位被誉为“中国航天之父”对星际航行理论的博大精深。他把一种艰深的科学技术理论达到一种“平话”的程度，那是一种学术境界，一种极高的学术境界！1959年1月8日，他应中国科协和中苏友协邀请作了《关于宇宙火箭的报告》（原载1959年1月10日《人民日报》、《光明日报》等）：

有史以来，我们人类被局限在地球这个圈子里。现在，我们一旦创造了第二宇宙速度，打破了地球引力的束缚，就如同出了大门，眼前看到的是广阔的世界。

地球和月球，这只不过是个小家庭，它们的平均距离只有38.4万公里。走出这个小家庭，在太阳系的大家庭里，首先要认识一下地球和太阳的距离。地球和太阳的平均距离是14 950万公里，这个距离就是地球和月球的距离的400倍了！

太阳系这个大家庭到底有多大呢？离太阳最近的行星是水星，靠外边是金星，再外边是地球，再外边是火星，再外边是木星、土星、天王星、海王星、以至冥王星，离太阳最远的是冥王星，而冥王星和太阳的平均距离则又是地球和太阳平均距离的40倍。

我们刚刚能以第二宇宙速度走出家门，就把这个火箭叫作宇宙火箭，是否恰当呢？是恰当的。因为我们最困难的问题就是怎样摆脱地球的引力场，现在克服了这个困难，到其他星球上去是不难的。

这话怎么讲？

前面说过，宇宙火箭也就是人造行星的轨道，接近火星的轨道。我们摆脱了地球的引力场之后，进一步的问题，就是如何战胜太阳的引力场。太阳虽然大，但是距离远，引力的作用不是太强的，战胜它不太难。举个例子，譬如我们真正要到火星上去，怎么办呢？我们可以采取许多办法，有的办法快，有的办法慢。先说一种慢而省力的办法，就是使人造行星的轨道再大一些，使它既和地球的轨道相切，又和火星的轨道相切，这样就可沿着椭圆轨道，用237天的时间到火星上去。要造成这样一个轨道，就要使人造行星在摆脱了地球的引力场之后开始进入自己轨道的速度，比地球公转的速度更大一些，不然甩不出去，但也不要太大，只要快个2.3公里每秒就行了。

大家也许会这样说，第二宇宙速度是11.2公里每秒，现在速度还要更大一些，每秒快2.3公里，那不就是需要13.5公里每秒了吗？不是的，假如我们让宇宙火箭以11.2公里每秒的速度，摆脱地球的引力场，再给它加上2.3公里每秒的速度，加的总速度诚然是13.5公里每秒，但这不是聪明的办法，因为这样就得要连加速用的燃料也费很大的力气送到地球引力场之外去。我们可以采取更巧妙的方法，即在宇宙火箭发射时，由低处给它多加把劲儿，让它一口气冲出地球的引力场，还能多剩余些力量，再加上地球公转时的速度，就足可以把宇宙火箭甩出去，飞往火星。这样把加速用的燃料所占的质量，早些减掉，比较经济，而速度也就不需要13.5公里每秒，只要11.4公里每秒就够了，也就是只要比第二宇宙速度11.2公里每秒再多200米就行了。

火星，对我们来说，是比较感兴趣的。这个行星上的条件还不算坏，人大概还可以受得了，温度是蛮舒服的；它那里的夏天最高温度有30 ℃，比较热一些。火星上也有大气，只是比地球上稀薄，它表面的大气压力为地球上的十分之一。空气的成分和我们地球上不一样，基本上是氮气，占90%以上，里边含有一点水

分和氧气，所以火星表面是比较干燥的。它离太阳较远，比地球要远52%。火星的一年较长为687个地球日；不过火星上的一天还和我们差不多，是24.6小时。火星的直径只有地球的一半多一点，比较小，质量也大约只有地球的十分之一。在这种情况下，有一个特点，就是如果在火星上搞人造卫星比较容易，火星上的第一宇宙速度只是3.6公里每秒，第二宇宙速度只是5.1公里每秒。

这是到地球外圈的火星上去。我们能不能到地球里圈的水星、金星上去呢？也可以，只要使宇宙火箭在摆脱地球的引力场之后所具有的速度，比地球公转的速度再减少一些就行了。怎样减少呢？就是在发射宇宙火箭时，速度要比11.2公里每秒略大些，使它在摆脱地球引力场之后，还有一点余速，这点速度的方向要和地球绕太阳的速度相反，使得最后相对于太阳的速度等于地球绕太阳的速度减去这点速度。这就是说如果也要向月球方向发射，就不能在下弦的时候，而要在上弦的时候发射，这时月球正走在地球绕太阳公转的轨道后边。这样，当宇宙火箭摆脱地球引力之后，就会比地球绕太阳公转的速度慢些，于是，宇宙火箭就会掉在地球的里圈里。这样做，所需要的宇宙火箭的发射速度也是可以计算出来的。到金星上去，需要11.5公里每秒。到水星上去，因为它比金星还靠里，掉得还要深，减速还要多，也就是要求它在摆脱地球引力场之后朝着相反方向的速度还要大些，所以它的发射速度也要更快些，需要12.7公里每秒。

水星对我们来说，兴趣也许不太大，因为它离太阳太近了，烫得不得了，由于多年以来，受着太阳的很强的潮汐作用，自转的速度越来越慢，和公转的周期逐渐相同，像月亮似的，永远以一面向着太阳，离太阳本来就近，只有地球和太阳的距离的39%，再这样一烤，它赤道上边的温度就高得厉害，能熔化铅。所以到水星上去，只好在两极附近呆着，它的体积又较小，质量只有地球质量的40%。这样一来，在它表面上的空气就跑得差不多了。据现在仔细的研究，也还有一点点空气，但少得可怜，它表面的大气压力只有地球上的千分之一。

水星的外圈是金星，金星对我们来说可能很有兴趣。它看起来和地球相似，质量是地球的81%，直径是地球的93%，它上边有浓厚的大气，最高温度是60 ℃，不过大气的大部分都是二氧化碳，还测不到有多少氧气，这种情况跟地球在太古洪荒时差不多。研究金星，可能像是温习一番地球的几千万年前的历史。

我们再看一看地球的外圈，火星之外，就是木星、土星、天王星、海王星、冥王星。木、土、天王、海王这四个行星，有其类似的地方，都是平均密度比地球小得多，譬如，地球的平均密度是5.52，木星则是1.34，天王星是1.27，海王星是1.58，土星就更怪了，是0.71，比水还小。它们的体积则很大，木星是行星中的大王，直径是地球的11倍，土星是8倍，天王星是4倍，海王星也差不多是4倍。这些星不像地球似的基本上是石头，而基本上都是氢气。这些行星上的条件，简直令人不可想象，木星上的温度是 -138 ℃，土星是 -153 ℃，天王星是 -184

℃,海王星就更冷了,是 -201 ℃。在这些行星上,氢气都液化了,压在大气层底下,它的海是液体氢,地是固体氢,越往中心,压力越大,有人说,压力加大到 80 万个大气压,固体氢竟变成了金属氢,这真有点难以想象。只有冥王星和地球的结构差不多,温度现已量出来是 -211 ℃,看起来密度比较大,此外还知道得不多,因为它很小而距离非常远。

到这些行星上去,也有可以利用的地方,就是它们有较多的卫星,可以先到那些卫星上去,如木星有 11 个卫星,土星有 9 个,天王星有 4 个,海王星有 1 个(也许还有,还未找到,因为太远了),冥王星是否有卫星,也还未找到。假如能够去,站在这些卫星上,看看这些行星,都是那么大,几乎遮了半边天,真是奇观。而且这些行星都非常亮,比月球还亮,月球能反射 7% 的阳光,这些行星能反射 50%。

到这些行星上去,也不太难,所需的速度也是可以计算出来的,因为它们一个比一个远,所以我们去时的速度也一个比一个大,去木星要 14.3 公里每秒,去土星要 15.1 公里每秒,去天王星要 15.9 公里每秒,去海王星要 16.5 公里每秒,去冥王星也要 16.5 公里每秒,因为冥王星的轨道是椭圆的,有一部分几乎和海王星相重。

虽然,我们知道,在去冥王星的速度上,再加一点点,在 16.5 公里每秒,加上 200 米每秒,就等于 16.7 公里每秒,也就是第三宇宙速度,就可以跑出太阳系。不过,这中间还有个小问题,就是火星和木星之间有一大群小行星,有人估计约 4 万多个,宇宙火箭要穿过这些小星,难免有些波折。

关于飞出太阳系,到其他恒星上去的可能性,早在 50 年前钱学森在《星际航行的现实性》(1956 年 11 月 19 日《光明日报》)、《远程星际航行》(《力学学报》1957 年第 4 期,)等文章里也作了讨论和论证。他认为,飞出太阳系的航行,那是科学技术的更高的一个阶段。这里的问题是恒星间的距离太大,航行的时间也就长得不可想象:就是到离我们最近的星——半人马座比邻星也要 4.2 光年,或约 40 万亿公里;到肉眼能看得见的最近的星、天狼星就更远,要 8.6 光年,或约 82 万亿公里。所以即使我们用 20 公里每秒的速度来航行,这差不多是现在火箭技术可能达到的最高速度了,然而到半人马座比邻星还需要 6 万多年,到天狼星就要约 12 万年。这些航行时间比起人的寿命来是太长久了,所以说,我们决不能用现在的火箭所能达到的速度来到达另外一颗恒星上去,到恒星去旅行还不是现有的科学技术所能做到的。这并不阻碍我们研究到恒星上的条件,也就是研究航宇技术和宇宙飞船所具有的性能。

如果说钱学森早期的研究主要是针对阻碍当时航空、航天技术发展的一些关键力学问题,那么后来,他的视野更加广泛,前瞻性更强,着眼点已不限于个别问题,而是开辟新的科学前沿领域,以推动航空、航天技术整体与长远的发展了。与此同时,他的学科领域也已不限于应用力学,而是他所倡导的更为广阔得多的技术科学领域了。诸如在前两章已作专门介绍的:“超级空气动力学”(superaerodynamics)、“工程控制论”和“物理力学”等等。

第三十二章 创建工程控制论

1954 年，钱学森《工程控制论》一书的英文版在美国问世，被公认为是奠基性的权威著作，宣告了工程控制论的创立，同时确立了钱学森作为工程控制论这一学科的奠基人地位。1980 年，一位访华的美国哈佛大学教授说："钱学森的科学思想远远走在了时代的前面。"美国斯坦福大学的控制论专家伦伯格（D. G. Luenberger）于 1990 年访问我国时，对许志国院士说：《工程控制论》的学术思想在国际上超前 5 年。已故自动控制专家高为炳院士，曾论述《工程控制论》是自动控制领域中引用率最高的著作。《工程控制论》中文版为我国培养自动控制理论及自动化科学方面的人才起了不可或缺的作用，同时在"两弹一星"等国防科技领域发挥了重要作用。

一、钱学森创建工程控制论的时代背景

1948 年，在 N · 维纳（Norbert Wiener，1894 – 1964）的控制论发表后，钱学森就想把控制论和它在导弹控制和制导上的应用纳入教程。

维纳《控制论》一书，开创了控制论这样一门新兴学科，其对象是研究一个系统各个部分之间相互作用的定性性质及整个系统的运动状态。钱学森具有从弹道火箭到可控制导火箭技术的丰富的研究经验，敏锐地认识到维纳开创的控制论的重要性，很快便运用控制论的原理解决了一批喷气技术中稳定和制导系统的问题，诸如火箭喷管的传递函数、远程火箭的自动导航以及火箭发动机燃烧的伺服稳定等问题。他意识到，不仅在火箭领域，而且在整个工程技术范围内，几乎到处存在着被控制的系统，很有必要用一种统观全局的方法，来充分了解和发挥上述导航技术和控制技术等新技术的潜在力量，以更开阔的

眼界、更系统的方法来观察有关问题，从而揭示前所未有的前景。由此，他提出了“工程控制论”。

钱学森在20世纪40年代末，50年代初对第二次世界大战后迅速发展的控制与制导工程技术实践进行全面观察时，以敏锐的眼光，发现、提炼出了指导控制与制导系统设计的普遍性概念、原理、理论和方法，从而创建了作为一门技术科学的“工程控制论”。

工程控制论在其形成的过程中，把设计稳定与制导系统这类工程技术实践作为主要研究对象。钱学森本人就是这类研究工作的先驱者。1951年，他研究了一种探空火箭的最优推进的设计，即求探空火箭的最优弹道问题，在相同的燃料消耗条件下，使火箭达到的高度最大。由于这种弹道很长，而弹体上控制系统的动作速度相对于这条最优弹道来说是足够大的。在考虑最优弹道的选择时，他把弹体看成是其重心（质心）的运动，而略去刚体运动及弹上控制设备的运动规律，成功地实现了古典变分法对这类问题的应用。他从这里提炼出一种普遍性的看法——针对在整个运动过程中受控对象本身的特性并不重要，重要的是运动规律全局情况，即可以不考虑受控对象的运动方程式的情况下，古典变分法给控制系统设计提供了一种理论与方法。

1950年，钱学森在受困于美国期间，开始系统研究总结工程控制论，1953年底，他在加州理工学院开设了“工程控制论”课程，接着于1954年在美国出版了英文版《工程控制论》一书。该书一出版便轰动了全世界，之后，俄文版、德文版、中文版相继出版。书中所阐明的基本理论和观点，一方面奠定了工程控制论的基础，另一方面指出了进一步研究的方向，对自动化科学技术理论的进展起了重要作用。该书出版后，不断为世界各国科学技术工作者所引证和参考。

N·维纳最初提出控制论时指的是“在动物和机器中的控制和通信”的理论。它所追求的实际上是系统中人－机共栖、协调作用的一种理想境界。因此，在控制论提出之初曾在哲学界引起轩然大波。1956年，苏联大百科全书却把控制论定义为“反动的伪科学，出现于第二次世界大战的美国，在其他资本主义国家获得广泛的传播……”甚至说它是为帝国主义服务的战争工具。钱学森的《工程控制论》一书系统地揭示了正在形成的控制论科学对自动化、航空、航天、计算机、电子通信等现代工程科学领域的深远意义和长远影响。它的问世，使控制论这门新学科在全世界站住了脚跟，逐步成为现代技术科学中的重要领域。1957年，钱学森《工程控制论》（俄文版）在苏联出版，还为平息苏联学术界对控制论创始人维纳的批判起到了积极作用。1961年，赫鲁晓夫在苏共二十二大上说：“很有必要在生产、研究工作、草案和设计、规划、记账、统计以及管理中更为广泛地应用控制论、电子计算机与控制设施。”

二、钱学森工程控制论的主要内容及其重要意义

1954年，钱学森的《工程控制论》第一次提出在工程设计和实验中能够直接应用的关于受控工程系统的理论、概念和方法。随着该书的迅速传播，他为这一学科所赋予的含义很快被世界科学技术界所接受。按他的定义，工程控制论的对象是研究控制论这门科学中能够直接应用到工程设计的那些部分。《工程控制论》是一门技术科学，其目的是

把工程实践中所经常运用的设计原则和试验方法加以整理和总结，取其共性，并提高到科学理论的水平，使科学技术人员的眼界更加开阔，用更系统的方法去观察技术问题，从而充分理解和发挥这门新技术的潜在力量，指导千差万别的工程实践，推动系统工程的发展。

《工程控制论》一书所阐明的科学思想、理论和方法，对控制论的发展产生了重大影响。它的主要贡献是：

(1)综合和总结了工程系统中控制技术成果，并概括和提炼成一般理论，使其成为一门技术科学。它将控制论的主要问题概括为"一个系统的不同部分之间相互作用的定性性质，以及由此决定的整个系统总体的运动状态"的研究；而工程控制论则被界定为研究控制论这门科学中能够直接用在控制系统工程设计的那些部分。它除了应当包括伺服系统工程实际的内容之外，更深刻、更重要的在于作为技术科学，应把工程实际中各种原理方法整理总结成为理论，以显示其在不同领域应用中的共性，以及许多基本概念的重要作用，其重点在于理论分析，而不是系统部件的详细构造和设计问题。作为技术科学，工程控制论使人们可能以更广阔的眼界、更系统的方法来观察有关问题，从而得到解决老问题的更有效的新方法，并展现出新的前景。

(2)从理论结合工程实际的角度，极其精练地介绍了从应用拉普拉斯变换和传递函数概念解决线性常系数反馈伺服系统问题到非线性、变系数、时滞、多变量解耦(自洽)、交流伺服、采样(离散时间)系统、自寻最佳点、噪声过滤和最速开关控制，以及自行镇定超稳定性和可靠性设计等当时最新甚至超前的研究成果。它处于经典控制理论和现代控制理论的转折点，起到了承前启后的作用。这一理论还被证明同样能应用到生物系统，经济系统以及社会系统等系统中。工程控制论作为与工程系统有密切关系的分支，发展得最为迅速，在工业、国防和许多科技领域取得了成功的应用。

(3)在对维纳的控制论、申农的信息论、贝塔郎非的一般系统论、冯·诺伊曼的博弈论以及信息论、系统论等基本肯定的同时，也指出其简化的倾向。《工程控制论》中就其精华所在，是精辟概括及突出强调贯穿全书的技术科学方法论，特别是明确给出的控制论在系统科学体系结构中的定位以及复杂巨系统及其从定性到定量的综合集成方法论，为这类重要系统的建模、分析、运筹和控制问题提供了理论和方法论依据；同时，提出了系统学的基本思想。例如，在第 18 章中提出用不太可靠的元件可以组成可靠系统的理论，这恰是当代协同学的主要思想之一。

(4)工程控制论奠定了现代控制理论基础。《工程控制论》中所建立的控制理论方向仍然是现代控制理论的主要方向。

《工程控制论》一书出版以后，立刻吸引了一大批数学家、工程技术家投身于控制论的研究，推动了 20 世纪五六十年代控制论发展的高潮。在这种形势下，原持批判态度的哲学家们也转而肯定控制论是一门"研究信息和控制一般规律的新兴科学"。1957 年，在巴黎成立国际自动控制联合会(IFAC)筹委会，中国是发起国之一，钱学森当选为第一届理事会常务理事。1960 年 9 月，在莫斯科举行 IFAC 第一届世界代表大会，全世界控制论科学家云集于莫斯科大学礼堂，共庆控制论的胜利。当时正受命领导建立中国航天科

学事业的钱学森因重任在身，无法赴会，各国与会者都为他不能出席这个盛会感到遗憾，只好相互吟诵《工程控制论》序言中的名句来表达对他的敬意："建立这门技术科学，能赋予人们更宽阔、更缜密的眼光去观察老问题，为解决新问题开辟意想不到的新前景。"

1956 年，以《工程控制论》为教材在北京举办工程控制论研究班，为我国发展现代控制理论培养了第一批专业人才。

1957 年，出版《工程控制论》中文版，该书不仅是我国第一本关于自动控制理论的著作，为我国培养自动控制理论及自动化科学方面的人才起到了不可或缺的作用，同时也为"两弹一星"等国防科技领域起到了重要作用。

1956 年，《工程控制论》获得了中科院首届自然科学一等奖；1981 年《工程控制论》（修订版）获"国家优秀科技著作奖"；1995 年修订版又获"国家图书奖"；1997 年获"国家科学技术进步奖（科技著作奖）"二等奖。

工程控制论在各方面得到了广泛的应用。20 世纪四五十年代用于船舶、火炮等机电系统操纵的伺服系统理论和技术已发展得比较充分，并在工业、国防中发挥重要作用。

三、钱学森与中国自动控制理论及自动化科学的发展

我国已故著名控制论科学家关肇直发表在 1980 年第 1 期《自动化学报》的长篇综述评论文章——《现代控制理论中的某些问题》的"引言"指出："现代控制理论产生于 50 年代末 60 年代初。在我国，从一开始就抓住这种发展趋势，及时组织了力量开展科学研究工作。"

在谈到 60 年代以来的控制理论的发展时，关肇直说："首先必须提到钱学森同志在 50 年代所著的《工程控制论》。这部书从技术科学的观点，把一般理论与工程实际经验很好地结合起来，对各种工程技术系统的自动调节与控制理论作了全面探讨，奠定了工程控制论的基础，同时指出了进一步研究的方向。它对我国自动化科学技术理论的发展起了重要的作用，也对国际自动控制理论的发展有一定的影响。"

关肇直教授的评介是中肯的。到了 20 世纪 60 年代，大量的工程实践，特别是空间技术等方面的实践，提出了一些新的控制问题，如控制对象是距离很远的高速飞行体，控制对象的特性随时间急剧变化，要求较严格的数学描述，控制通道是多路的，以及要求精度高、地面装置大而复杂等。显然，对待这样的一些控制对象，必须发展新的控制理论和方法，才能进行有效的分析设计。

关于这方面的早期研究成就，就是钱学森结合其从事火箭控制方面的工作，系统总结了当时工程控制理论与技术方面的成果，指出了工程控制领域中的重要课题和发展方向，使控制论的基本原理成功地应用于工程技术领域，从而成为工程控制论的奠基者，丰富了控制论的科学体系。20 世纪 50 年代后期到 60 年代前期，在绝大多数经典控制专家们还未意识到现代控制理论已在悄悄发展的时候，钱学森高瞻远瞩看到了现代控制理论正在形成的发展趋势，看到了它的发展对制导和导航的重要作用，并且认识到这个新的发展方向是自动控制与数学的交叉。他提出要有一支中国自己的控制论与工程结合的队伍，必须建立一个研究室，发展控制理论。于是，在 1961 年，钱学森提出由国防部五院

与中国科学院共建一个控制理论研究室，设在中科院数学研究所。他的建议得到了中国科学院的支持。中科院裴丽生副院长负责组建工作，很快成立了名为“控制理论研究室”，设在中科院数学研究所，由数学所副所长关肇直教授任研究室主任，五院方面派出宋健博士兼任研究室副主任。

控制理论研究室成立不久，在钱学森的建议下，由关肇直、宋健共同发起于1962年11月27日至12月3日，在天津召开了全国第一次现代控制理论学术研讨班会议。钱学森出席了会议，在讲话中，他要大家密切注意国际上控制理论的发展，同时要研究我们导弹研制中提出的控制理论问题，强调研究理论者要了解实际问题，并形象地指出：“只站在水边不够，要敢于‘下水’，善于‘下水’。”1962年12月21日至27日，在北京召开了自动控制理论专业学术会议，在会上宣读的报告中，有一部分是反映基本理论研究方面的论文，如宋健和韩京清的《变参数最速系统的综合》，对变参数最速系统的某些根本概念有所阐明，并推广了前人已获得的一些结果。1963年7月8日至13日，在北京召开了模拟技术及远动技术学术会议，参加会议的有来自全国各地和北京地区的相关专业的代表共600多人。这些学术活动不仅极大地促进了我国控制论科学的发展，而且引导一大批青年投身自动控制领域，为我国在控制科学研究方面能够走在世界的前列奠定了坚实的基础。

在研究室创建之初，他们把工程控制论的研究和从庞特列亚金极大值原理等数学方面的研究结合起来向控制论方向发展，以后又进一步走向近代控制论的研究。1963年，IFAC第二届世界代表大会在瑞士巴士举行，钱学森认真推荐年轻学者宋健和韩京青撰写论文参加国际学术交流。我国作为IFAC发起国之一，在国际上产生了比较大的影响。1999年7月1—6日，IFAC第14届世界代表大会在中国举行，全世界控制论科学家第一次云集于北京人民大会堂，

大系统理论是系统工程学发展的一个新阶段，大系统的理论和实践，主要是研究解决系统工程中关于事物发展过程的定量描述、模拟、预测和控制的那一部分问题。1985年，钱学森在《大系统理论要创新》的讲话中指出，大系统理论属于技术科学，要注意利用知识和经验，并接受基础层次的系统学的指导。此外，还建议结合国家宏观社会经济问题组织交叉学科合作研究。

40多年来，钱学森组织指导我国新一代工程控制论研究人员，在工程控制系统设计方面，发展了多变量控制理论、最佳控制理论、自适应控制理论，研究了自学习、自组织系统。在工程控制技术方面，促进了电子计算机在国防和国民经济部门的广泛采用，促使生产过程自动化向多机、机组自动化以及综合自动化发展。当时很少有人知晓的现代控制理论，在钱学森的推动下，在国内已成为生机勃勃、并向多学科渗透的主导学科。控制理论研究室现在已经发展成为中国科学院系统控制重点实验室，属于数学与系统科学研究的系统科学研究所。这个实验室继承了过去的优良传统，拓宽了原有的研究领域，取得了一系列受到国际瞩目的研究成果，并培养出众多的优秀人才，有的已是活跃在国际自动控制界的知名人物。看到现在的辉煌成就，人们总会想起钱学森的精辟见解和坚持不懈的大力推动。

自动控制理论是自动化科学技术的分支学科。通过控制理论将应用数学、控制论、信息论、系统论的成果用于自动化系统;电子学、电子计算机、激光等新技术的成就,不断转化为自动化系统中的技术工具,在各行各业中推广应用,大大提高了产品数量和质量,降低了成本,改善了劳动条件;通过自动控制技术和管理工程方法的结合而发展起来的系统工程,使企业管理科学化,社会管理信息化,在同样生产装备的条件下,可以发挥出更大的经济效益;与生物学和医学的结合,产生了生物医学工程这门新学科,为人类的保健和医疗创造了更好的条件。总之,自动化技术已经渗透到人类生产和社会生活的各个领域,自动化程度已经成为衡量一个国家科学技术和经济发展水平的重要标志。

自动化技术虽然在20世纪40年代引入我国,但在初期基本上没有什么发展,真正走上发展之路,还是在20世纪50年代中期,由钱学森等一批海外归来的专家带回了先进的理论和技术,其中最著名的就是钱学森的《工程控制论》一书,它不仅对已有的成就作了系统的总结和提炼,而且所提出的精辟思想在其后相当时间内一直起着重要的预见和指导作用。在钱学森等科学家的推动下,1956年,国家制定科学技术发展规划,把自动化列为重点新兴学科,并建立了一批研究机构,培养了新一代的研究人才。当时,一方面积极开展元件、仪表、远动技术、计算机等基础技术研制,同时也不失时机地组织新理论和新技术的跟踪,并取得了很大的成效。

在钱学森等科学家的倡导下,1957年成立了中国自动化学会,钱学森任第一届理事会理事长,1965年中国自动化学会在北京召开第二届代表大会,钱学森再次当选为理事长,筹办了会刊《自动化》(1963年改为《自动化学报》)。在钱学森积极推动下,文革一结束,中国自动化学会开始恢复活动,直到1980年中国自动化学会在北京召开第三届代表大会,钱学森提议由宋健教授担任学会理事长。

四、自动控制理论未来的发展方向

半个世纪以来,由于微电子和计算机技术的迅速进步和普及,控制论和自动化技术极大地推动了技术科学的发展,广泛应用于社会生产、服务、消费的所有产业部门以及政治、军事和人们的生活之中。在制造业中,从计算机辅助设计与制造、数控机床,到柔性加工系统和计算机集成制造系统以及机器人的广泛进入生产线,成十、成百倍地提高了劳动生产率,丰富了产品的多样性,改善了人们的劳动条件。在今天的社会生活中,自动化装置无所不在,从通信、金融、医疗、直到家庭主妇们天天使用的各种自动化家用电器。现代自动控制技术还极大地扩展了科学研究和探测的深度和广度,开拓了靠人力不能胜任的新的科学技术事业。半个多世纪以来,人类的科学技术活动已经深入到大洋和地层深处,进入太空和宇宙,探索微观世界和人类生命的奥秘,在极大的程度上都是得益于自动控制和测量技术。控制论的概念、理论和方法对现代科学技术的各个方面都产生了影响,近年来还被社会科学家们广泛应用于研究和解决复杂的经济、社会和政治问题。如果说人类社会文明的进步在19世纪是以实现了机械化代替体力劳动为标志,那么20世纪则是实现了劳动生产的自动化和智能化,从而扩展和增强了人们的创新能力,极大地提高了劳动生产率,沉重的脑力劳动逐步地和部分地为智能自动化设备所代替,从而彻

底改变了人类的生产和生活方式，提高了人们的生活质量。这是现代科学技术的丰功伟绩，而控制论科学家和工程师为此作出了重要贡献。

系统和控制科学的飞速发展归根到底来自对复杂性和复杂系统的认识。将这种认识用于改造客观世界，人们在实践中遇到了更多的复杂性问题的挑战，并逐渐深化了对复杂系统、复杂巨系统的的控制问题的认识，应当是当前控制理论研究发展的方向，也是国际控制界近年来讨论的热点问题。钱学森早在 1986 年就指出了控制论和自动化在社会生产、科技进步和人类文明建设等各方面的重要作用，并把控制论纳入复杂系统和复杂巨系统研究框架的思路。国内外控制界也紧随其后，掀起了一股研讨自动控制面临复杂性问题的重大挑战，亟须寻求新的思想、方法和工具的研讨热潮。从中亦可看出钱学森对控制论发展趋势的预见性，具有重要的理论和现实意义。

当今人类已进入信息时代，系统与控制科学技术无论在改造人类主客观世界，还是在信息社会的国际竞争中，都具有关键的作用。系统与控制科学旨在运用信息技术的最新成果，延伸人的信息获取、处理和解决控制的能力，解决人类社会面临的紧迫问题，达到改造世界的目的。人类当前面临的重大问题涉及自然探索、高新科技发展、物质财富生产、国防尖端科技和基础设施建设、社会管理和经济贸易、全球问题乃至人类自身行为和智能活动等方面。其中无论人的因素、客观对象，还是以计算机和通信网络为代表的各种技术工具，都是十分复杂的，它们之间相互作用形成的复杂系统控制问题正是当前控制科学的主要课题。

与其他学科分支相比，系统与控制学科的发展更多地受到实际问题的推动和启发，也受到电子技术、通信和计算机等相关学科的强烈影响，它们将为复杂系统和复杂巨系统及其控制问题的研究提供强大的需求推动和技术支持。这对 21 世纪的系统与控制科学的发展既是挑战，也提供了无限生机。控制论是系统研究中最接近实际应用的分支学科，特别具有改造客观世界的品格。钱学森的工程控制论首先解决了一批工程实际中的控制论问题，并在不断探索各种复杂性层次系统运动规律的基础上，密切结合我国国防和国民经济建设的需要，提出和解决了大系统、复杂系统和复杂巨系统的组织管理和控制中的大量理论和实践问题。继承和发扬钱学森在控制论中开创的技术科学传统，努力按照钱学森现代科学技术体系建立系统与控制学科体系，是我国控制领域的奋斗目标。

第三十三章 创建物理力学

物理力学是钱学森于20世纪50年代初提出和建立起来的一门新兴学科。他编写的专著《物理力学讲义》,开创了这门学科的发展道路。物理力学的一些内容虽然早已分散在其他学科领域作了研究,但集中起来进行系统深入的研究,当成一门新兴学科加以发展,则是钱学森作出的开创性的贡献。钱学森是物理力学这一学科公认的创立者。他早在20世纪40年代初期就对稀薄气体的物理、化学和力学特性结合起来研究。1953年,他在美国加州理工学院正式开设了物理力学课程,并于1961年第一次在中国科学院力学研究所建立了物理力学研究室。1958年,中国科学技术大学成立,由钱学森主持设置了物理力学专业,他亲自任教,为我国开辟了物理力学的研究事业,培养了第一代专业人才,建立起一支具有攻坚能力的科研队伍。半个世纪以来,物理力学研究取得了丰硕成果,并对工程技术作出了巨大贡献。

一、钱学森创建物理力学的学术思想背景

1946年,钱学森将稀薄气体的物理、化学和力学特性结合起来研究,这便是物理力学的先驱性的工作。起初的研究目的仅仅是为了搞清火箭推进气体的,物理和化学性能。

钱学森在美国羁留期间,注意力集中在两个广阔的主题上:一个是如何解决喷气推进系统及喷气推进飞行器在高温、高压、高加热率的极端条件下遇到的问题;另一个是火箭推进的导弹和卫星的发展中,应用高级控制方法的必要性。

关于第一个课题,设计喷气推进系统,经常需要知道极端温度下特殊组分气体的性质或者特殊状态下难得见到的液体推进剂的性质。

更常遇到的是，想要得到的状态超出了实验所能达到的范围，得不到想要的数据。为了解决这类问题，钱学森应用统计力学、光谱学和化学动力学，研究了气体和液体的平衡和输运性质以及气体的热辐射性质等。他凭借自己深厚的数学和物理功底，开辟了一条通过技术科学解决工程技术问题的新途径。

第二次世界大战中，原子弹的研制和使用，引出了核反应工程的新领域，但在研制中则需要知道介质和材料在极高的压力和温度状态下的性能和行为，同样存在上述缺乏数据的困难。

钱学森敏锐地意识到，在火箭技术、核能技术等重要领域，迫切需要高温、高压、超高温、超高压及放射线作用等条件下介质和材料的性质，诸如本构关系，输运性质及化学反应的平衡和动力学的数据等。然而，实验却遇到很大困难。钱学森考虑到近代物理学和化学的发展，对物质在原子核以外的微观结构已有相当的了解，有条件建立一门新的技术科学，即他称为"物理力学"这一新兴科学。其目的是通过对物质的微观分析，把有关物质宏观性质的实验数据加以总结和整理，找出规律，得到需要的数据，而且可以预见新兴材料的宏观性质，为发展新材料和新工艺服务。

他在 1952 年的开创性论文中指出，科学家利用统计力学来证实分子模型的合理性，工程师则必须反其道而行之，利用统计力学，从已知并且可靠的分子模型出发，推导出工程材料的宏观性质。在此期间，钱学森发表了《液体特性》、《气体在高温高压下的热力学性质》等数篇论文。他将物理力学这个新学科应用于液体性质和极高温度下气体的性质，于 1953 年发表了具有科学史意义的召唤性文章"Physical Mechanics, a New Field in Engineeing Science"。他正式提出物理力学的概念，主张从物质的微观规律研究确定其宏观力学特性，取得了开创性的成就，改变过去只靠实验测定力学性质的方法，大大节约了人力物力，并开拓了高温高压的新领域。1953 年，他在加州理工学院正规地开了一门《物理力学》课程，并用英文为此编写出一套《物理力学讲义》。该书归纳了物理力学的基本概念和研究方法，也介绍了他自己所做的代表性的工作，系统地阐明了物理力学的目的。

上世纪 60 年代初，钱学森在中国科技大学再开物理力学课程时，主持将《物理力学讲义》翻译为中文；1962 年，世界上第一本《物理力学讲义》由科学出版社正式出版，至今仍被用作物理力学课程的参考用书。该书后来被翻译成俄文在苏联出版。

1957 年，钱学森在《论技术科学》一文中，明确地把物理力学作为技术科学新的发展方向之一。他指出："这门技术科学的目的是由物质的微观结构，原子、分子的性质，通过统计物理的方法来计算物质的宏观性质，这里也包含材料强度的物理理论。这也就是说我们希望用计算的方法来得到工程用的介质和材料的性质。这是一个节省时间、人力和物力的很上算的方法。虽然近代物理和化学的成就是很大的，但是要完全靠它们来推演出物质的宏观性质还是不可能的，在很多地方，我们要采用半理论、半经验的方法来解决问题。这也说明了物理力学的内容和研究方法与统计物理、物理化学、化学物理是有所不同的。物理力学要在这些自然科学的基础上，更进一步结合实际，求对工程技术有用的结果。"钱学森在本文中把"固体材料强度及变形问题"也列为物理力学的四个研究内容之一。钱学森几十年前关于固体材料强度及变形问题研究的学术思想，是非常具有前

瞻性的，至今仍然指导着中国力学界在这一领域的研究工作，是指引这一研究领域进一步发展的理论。

二、钱学森创建物理力学的实践历程

20世纪50年代，钱学森回国后，积极建议把在我国建立物理力学的内容列入全国12年科学发展远景规划，把物理力学列为边缘学科之一。1956年和1962年我国的两次自然科学规划中都列入了这门科学，并列为重点。钱学森立志要在我国建立一支物理力学研究队伍并设定了一个扎实的三步走计划。第一步是建立物理力学的人才队伍，首先由大学生开始组成一个初级研究队伍；第二步是开展有指导的研究训练；第三步是承担国家建设任务，解决工程技术中的实际问题，融入技术科学的大军之中，成为国家队伍中的一员。

第一步，1956年，钱学森在力学研究所成立了一个物理力学研究小组，并亲任组长。先招收大学生做研究实习员，在他指导下自学他编写的《物理力学讲义》，每周举行读书报告会，为扩大队伍作准备。1958年，成立中国科学技术大学时设立化学物理系，内设物理力学专业。他本人亲临授课。从前3届毕业生中吸收了共约40名学生组成了研究实习员队伍。1962年，还招收了一届研究生。他对物理力学发展前途的无限信心和对后辈的殷切期望充分地流露在他鼓励学生们的言语之中："我们只是物理力学的第零代，你们才是真正的第一代。"1962年底，在力学研究所成立了物理力学研究室。到1965年，物理力学研究室已发展到50人的规模，建立了一个初具规模的高温激波管实验室，初步建立起一支有攻坚能力的研究队伍，并承担了若干国家任务。

第二步，是指导研究实习员开展研究工作。研究工作分为4个课题组，分别为高温气体、高压气体、高压固体和超临界物质。钱学森亲自制定了研究方向和选题工作，其原则是：首先要有实用背景，为国家发展工程技术所需要的；其次要考虑设定水平的先进性和具有物理力学特色；第三要有良好的可行性。其中实用的观点始终是第一的，这一条是有组织的定向科学研究所不可缺少的，这是组织者的责任，正如钱学森本人所说的这个责任是他的。第二条则是保证与工程技术和基础研究的协调，使其成为有用的、受欢迎的必要条件，而不与需求发生冲突。第三条是对路线的判断要切合实际。钱学森在选题方面为物理力学的开展奠定了基础，在指导研究工作方面他也有特殊的方式：先选拔任命课题组长，其任务是落实研究方向，组织研究工作，与组员是学术研讨的关系，负责向钱学森汇报工作进展。在全体人员每周一次的学术讨论会上，研究人员轮流作学术报告，钱学森通过提问引导大家开展讨论。每次会议他都作一个总结发言，总结发言往往是对所讨论的问题提出更为清晰的剖析而能使大家受益匪浅。当时许多研究课题即来源于这样的讨论会。

第三步，把推进物理力学的发展作为让物理力学走上担当国家任务的道路。这一方面是靠钱学森在学术界的影响力，把物理力学推向国内学术界(比如他亲自到物理力学学术年会上作报告，让学术界了解物理力学的学术思想和工作内容。在全国范围内，由于他的倡导和影响以及葛庭燧、吴有训、孙湘和苟清泉等人的积极支持或参与，吉林大

学、中科院金属物理研究所、东北金属物理研究所、哈尔滨军事工程学院及有关国防科研单位都纷纷搞起了物理力学研究），另一方面是他在力所能及的范围内与工程部门建立承担委托任务的合作关系。通过钱学森的精心组织研究工作和坚持不懈的努力推广应用，1966年2月，在他的倡议下成立了中国力学学会第一届物理力学专业委员会，并在北京科学会堂召开了全国第一届“原子分子物理与物理力学学术讨论会”。会议聚集了全国重要的工程技术界与科研院所的专家，共同研讨从当前到未来工程技术发展的需求与挑战，以及今后共同携手合作的有关问题。他在会上作了《如何从原子分子物理出发搞发明创造》的重要报告，指明了当时条件下发展物理力学的最佳途径是从原子分子物理出发。这一号召还起到动员一大批原子分子物理学者转向物理力学，或有意识地与物理力学研究结合起来的作用。这是一个创造，对推动这两门学科的发展与结合，起到了非常重要的作用。

50年来，根据世界科技发展状况向物理力学提出的新要求和所提供的新条件，钱学森先后4次调整和发展了物理力学的规范，对物理力学在我国持续发展起到了推动作用，使物理力学在我国得以顺利发展并建立起来。

（1）在1966年第一届全国物理力学学术讨论会上，他根据当时计算能力比较差，但原子分子物理无论在世界还是在我国都有长期的积累，提出了许多新观点、新思想，对推动学科的发展起了很大作用。

（2）在1978年的全国力学规划会议上，他建议采用荀清泉提出的“细观”概念，从此细观力学的概念得到公认，并明确纳入物理力学的范畴，成为物理力学在固体力学问题上的当时的侧重方向。

（3）在1985年，当时虽然统计力学已取得很大进展，但是在简化近似方法的基础上完成实际物理力学计算的能力仍很有限，特别是对于稠密系统；另一方面，随着计算机能力的迅猛增强，国际上开始兴起量子力学密度泛函理论与分子动力学相结合的从头算方法。他看到这一方法会使物理力学解决实际问题的能力大大提高，研究面貌大为改观，由此向荀清泉和崔季平建议把巨型电子计算机的计算能力用到固体物理力学的研究中去，从量子力学开始，严格地计算，尽量不用简化和近似手法。这就明确指出固体强度问题也要走微观道路。

（4）1993年，他在给崔季平研究员的信中指出，物理力学的范围应包括纳米材料的性质研究，并建议崔季平成立一个研究所，以促进物理力学的进步。

20世纪50—70年代初，是物理力学从建立走向顺利发展的阶段。在这一阶段，主要集中在高温高压下介质材料的物理性质研究。这是因为流体介质方面的统计热力学理论已比较成熟，且原子分子物理又提供了比较充分的数据，因此，有条件开展这方面的工作。譬如，高温气体的热力学与输运系数以及辐射性质的研究同高超声速气体动力学的发展及核爆技术的需要密切相关，用从微观到宏观的理论计算方法已获得了高达几十万度甚至上亿度的高温气体的性质。又如，由于工程上和强爆炸力学的需要，开展了高压固体状态方程的研究。由于甚高压下介质的性质可以当作流体，而压力高达几十帕到10^{15}帕下的固体，原子之间的相互作用仍然可以在原子分子理论的基础上加以处理，通过由微观到宏观的计算

获得了成功,并把所获成果应用到工程上,证明了物理力学方法的有效性。

三、物理力学的现状和半个世纪以来所取得的丰硕成果及对工程技术的巨大贡献

改革开放以来,钱学森虽然已经离开了中科院和力学所,但他对物理力学的关心并没有减退,并且更加关注其命运和发展。1978年召开的全国力学规划会议上,他亲临讲话,强调力学的技术科学性质和力学的微观化道路。在他的倡导和努力下,物理力学被列入规划重点发展的边缘科学之一。同时决定在力学所恢复物理力学研究室,并争取分散到其他部门工作的物理力学工作者归队,招收研究生,培养新生力量;鼓励其他有条件的高等院校开展物理力学的研究。在他所采取一系列举措的推动下,到1986年便恢复成立了第二届物理力学专业委员会和每三年一次的全国物理力学学术讨论会。现在物理力学研究队伍已经相当壮大,主要集中在中国科学院、钢铁研究总院、航天系统、总装备部、清华大学、四川大学、中国科技大学和浙江大学等几十各单位。各单位之间密切配合,互相交流,广泛参与国内外学术交流,不少专家在国际上产生了一定影响。

为了进一步发展物理力学,原有的原子与分子物理并不够用,尚需针对物理力学发展的需要发展应用原子分子物理。钱学森很重视这一点。1984年11月16日,他收到《原子与分子物理学报》创刊号后,次日便给学报主编荀清泉写信,提出原子与分子物理今后的主要发展方向应从理论转向应用的建议及发展应用原子与分子物理,成为工程师们设计产品的工具,也就是要建立"原子与分子工程",希望有一部分原子与分子物理学家转为原子与分子工程师。荀清泉认为钱学森的建议很重要,具有深刻的创见,将信转交有关专家传阅,都很赞成。

根据钱学森的建设和高新技术发展的需要,四川大学与中国工程物理研究院西南核物理与化学所联合建立了"原子与分子工程研究所",积极开展这方面的研究工作。

我国物理力学专家指出:一切使用量子力学、原子分子物理学和统计力学来解决工程技术所提出的力学问题而取得的成果都应属于物理力学的成果和贡献。显然物理力学的成果和贡献可以说是数不胜数,最突出的应数中外核爆炸、核受控、现代航空航天技术、微机械、纳米科技等。完全可以说,没有物理力学,这些工程将一事无成。

四、物理力学的发展前景及国际影响

半个世纪的实践已经证明,物理力学所走过的道路和方向是正确的。随着世界科技总体发展的需要和物理力学概念与思想被普遍认同,物理力学的基本方法和手段将会有新的发展,物理力学的内容和对象以及可处理的难度将会继续扩大,对未来工程技术的贡献也将会更大。未来,将会出现更多、更复杂或极端条件下力学问题,需要用微观分析的方法阐明介质和材料的性质;用本构关系表达材料的塑性变形与强度出现的困难,以及人们对固体材料断裂过程的宏观表现对微观差异跨尺度敏感性的认知,使力学的物理化和微观化更为迫切;新材料如纳米材料、智能材料、微机械、纳米机械中的力学问题和材料设计目标的提出;现代高速飞行技术、现代燃烧技术、现代高温化工或等离子体化

工、强激光等技术导致气体动力学的内态化以及化学反应流和辐射气体动力学的兴起。而现在尚无法解决,或解决得不彻底的一些困难问题,如真实物质的平衡相变问题、摩擦问题、高度非平衡现象问题都将会不断地有突破性进展。据此,专家们预计,今后我国的物理力学的研究,将在材料力学性质的微观理论,高温高压条件下物理性质的研究,激光与物质相互作用机理的研究,以及新材料的原子分子设计等等方面,会取得较大进展。所有这些,都对未来的高新工程技术有明显的支撑作用。

物理力学思想的正确性使它从一开始就在国际上得到了普遍认同,并产生了极大的影响。其最显著的几项标志是钱学森的《物理力学讲义》在出版后不久就被翻译成俄文,并被广泛引用。1964 年,苏联乌克兰科学院成立了现在在国际上很有影响的"物理力学研究所"(英文名称是 Karpenko Physico-mechanical Institute of The Ukraine Academy of Sciences),主要研究方向是用物理力学的有关方法研究固体材料的强度、塑性、韧性和断裂。1965 年,该研究所创办了《材料的物理化学力学》期刊。1986 年,美国国家标准局蔡锡年博士确认为:"分子动力学是钱学森教授在 20 世纪 50 年代初创立的物理力学的延伸。"随着国际上力学微观化总趋势的发展,2000 年,俄罗斯科学院西伯利亚分院强度物理和材料科学研究所又创办了国际性杂志"Physical-Mesomechanics"。除去明确挂上物理力学牌子的单位以外,那些未挂牌子而实际从事物理力学研究的单位更是数不胜数了。

近 20 年来,计算机技术的迅猛发展促成了分子动力学和蒙特卡罗法及第一原理分子动力学的发展,对物理力学来说简直就是如虎添翼。可以毫不夸张地说,物理力学从微观到宏观的研究模式已经成为当今材料科学和力学科学的世界潮流。

第三十四章

钱学森与中国力学事业发展

钱学森是新中国力学事业的主要奠基人之一，这是中国科学技术界所一致公认的。他是中国科学院力学研究所的主要创始人之一，第一任所长。他对我国力学事业有全面而深刻的影响，他是我国重要力学科研机构和基地的创始人或首任领导，其中包括中国科学院力学研究所，国防部第五研究院和中国空气动力学研究与发展中心。他又是中国科学院与清华大学力学研究班、中国科学技术大学近代力学系的创始人。他创建了我国力学学会和空气动力学学会，分别担任两个学会的首任理事长和名誉理事长。

钱学森对我国力学事业的发展贡献主要表现在以下三个方面：开创并推动了我国现代力学事业的发展；倡导的力学应用思想在经济建设中发挥了重要作用；为新中国培养出第一代力学工作者。

一、创建新中国第一个国家级力学研究机构——中国科学院力学研究所

1955年10月8日，钱学森回到祖国，10月28日抵达首都北京，立即投身到祖国建设之中。按照组织安排首先到东北考察了科学技术和工业发展情况。考察结束回到北京，钱学森就向科学院领导汇报了发展祖国力学事业的设想。1956年1月5日，科学院召开院务会议，会议认为成立力学研究所的条件已经成熟。随即，钱学森和钱伟长一起，找数学家和力学家座谈，访问北京的几所著名大学和有关研究所，进行各项筹建准备。从钱学森进入国门到力学研究所成立，总共不到

3个月时间。这可能是科学院成立最快的一个研究所了。新建的力学研究所超出了传统的力学研究范围，完全按照钱学森关于技术科学思想建立，实际上是一个综合性的技术科学研究所。钱学森的建所思想主要有以下几点：

（1）技术科学是介于自然科学与工程之间的一门独立的学科，也可以称之为桥梁。技术科学不是工程，它的主要任务是领导工业的发展，以新概念、新理论、新技术、新方法来武装工业，带动工业前进，并促使它不断发生质的飞跃。反过来，要求从事技术科学的科学家根据自然科学与工程的现状和发展趋势，有远见地选定超前的研究课题，不断开拓新的领域。

（2）技术科学研究的对象是工程环境下的复杂系统，必须是最大限度建立在自然科学和数学基础上的。一个好的技术科学家应当有能力从复杂的实际问题中捕捉住主要矛盾，提炼出清晰的物理机制，建立数学模型，通过计算，得出与观测或实验相一致的结果，并据此得到工程上有用的定量预测。

（3）技术科学的目标不是一个具体工程中的个别问题，而是一类或几类工程中带有共性的"一般性"问题。从这个意义上讲，它是关于工程的基本理论。除应用力学以外，技术科学还应当包括更为广泛的内容，如凝聚态物质、电子学、核反应、核能和核工程、金属的塑性加工成型、运筹学、工程控制论、计算技术、工程光谱学、工程经济学等。技术科学的内容不仅在内涵上要不断深化，而且在外延上也决不可故步自封。

（4）技术科学工作者应很好地掌握数学，使它成为自己的工具；要有坚实的自然科学基础，熟悉工程技术中的方法和问题，能把工程技术中的实际问题提高到自然科学规律的水平上来研究。在开发一种新的工程技术时，技术科学工作者首先要能对其可能性、可行性和克服困难的主要途径作出判断。

1956—1984年，钱学森长期担任力学研究所所长职务，由于他的远见卓识，使我国力学在许多重要的领域都开辟了新的方向，如高超声速的研究，爆炸力学、电磁流体力学、物理力学、弹性力学、塑性力学、化学流体力学等，都是在他的积极倡导与推动下，经过几十年的努力工作发展起来的。如今这些学科的研究成果无论是在航空、航天、国防兵工、化工以及其他国民经济建设中，都为国家取得了实际的效益。

二、中国空气动力研究与发展中心的奠基者

钱学森是中国空气动力研究与发展中心的奠基人。中国空气动力研究与发展中心的前身是中国空气动力研究院。早在1964年初，钱学森就根据国家安全和经济建设的需要以及空气动力学事业发展的状况，建议成立全国的空气动力研究院，以"集中力量，形成拳头"。这个建议得到了当时主持科学技术工作的聂荣臻副总理的大力支持，并由此成立了16个专业组。1967年8月，气动研究院筹备组正式开始工作，钱学森亲自担任筹备组组长，主持制定了基地建设规划。1968年，经党中央、国务院批准的气动院建设拉开了帷幕。据不完全统计，自那时起到1978年5月到气动中心检查指导工作止，钱学森关于气动中心建设的讲话和信函有28次（件）之多，由唐进倬和陈承厚同志根据记录整理出来的材料达45 000字以上。1968年，我国进行某型号导弹飞行试验时，由于防热设

计不过关，弹头壳体进入大气层时被烧穿。钱学森得知这一情况后，明确提出要像打“淮海战役”那样攻克弹头烧蚀防热课题。气动热研究专家方德润带领课题组从解剖电焊机开始，一个部件一个部件改进，一步一个脚印地登攀。不久，我国第一台电弧加热器成功地用于某型卫星的回收舱。其后，他们研制出亚洲最大的电弧加热器，应用于某型号导弹烧蚀防热试验后，为改进该型号导弹防热设计提供了宝贵的数据。以后钱学森又多次给气动中心主任写信，要求对某些重要的技术问题及其发展动向予以关注。钱学森为建设气动中心倾注了大量心血，气动中心近40年来的发展也证明，他关于中心的性质、功能、任务、构成、设备以及长远科技发展等等的精心指导，是正确的、成功的，而且对于当前正在奋力拼搏实现“国家中心，世界一流”的目标仍具有重要的指导意义。

三、为我国现代力学事业开辟了正确的发展道路

钱学森领导制定了全国12年科学发展远景规划和1962年科学规划中的力学规划，创建了对我国力学和国家建设产生了深远影响的一系列新学科。他从多方面关心我国力学事业的发展，经常提出指导性意见或建议。比如，早在1972年，他就积极支持钱令希教授提出的要将近代计算技术与结构力学相结合，发展结构优化理论的思想。在1977年研究力学规划、讨论力学学科的性质时，指出力学兼有基础学科和应用学科的性质，并及时提醒力学界的科学技术专家们：“近代力学实为应用力学。”

1978年，全国力学规划会上，他用“现代力学”一词强调要走近代计算机与力学结合的道路，摆脱过去计算模型过分简化的局限，并且将宏观和微观结合，把力学推向新的发展阶段；他多次强调力学界要走以计算为主辅以精细实验的道路；写信给中国科学技术大学，建议在近代力学系里建立以材料设计为目标的专业；多次向荀清泉和崔季平教授写信，提出发展物理力学的建议等。

1961年，钱学森在总结了大跃进期间力学界的经验教训以后，在《人民日报》上发表了一篇重要文章《近代力学的内容和任务》，系统阐述了近代力学的任务、工作方法、内容和发展方向，及时指引全国力学事业回到正确的发展轨道。

他认为，近代力学的任务具体说来有三项：第一，为工程师、设计师服务，帮助他们解决生产实践中碰到的新问题。依据力学理论进行分析研究，然后给他们提供建议书。第二，从工程技术和生产实践中提炼出具有一般性的课题作为新的力学理论来研究。这样就不只是解决个别的具体问题，而是解决一系列的实际问题。第三，在掌握了生产实践知识和力学理论的基础上，有新的科学创见，改进工程技术，改造生产。也在谈到以上三项任务时，始终围绕着力学工作者必须用理论解决工程技术问题这一核心，对于广大力学科研人员的工作起到了重要的指导作用。他指出，十分明显，近代力学离开了理论基础就解决不了问题，而离开了生产实践就失去其生命力。

他在工作方法一节中谈到，理论分析需要正确的抽象和概括，使分析得到简化而解决全局性的问题；必须讲究数学方法和演算技巧，需要和数学家及计算技术专家合作；必须掌握实验技术，需要和物理学家及仪器专家的合作。总结起来，他说：“分析—实验—分析，再实验，再分析，这便是力学的研究方法。”

他在内容和发展方向一节中，除了谈到一般力学（振动与控制）、固体力学（弹性力学和塑性力学）和流体力学（不可压缩和可压缩流体力学）3 个领域以外，着重谈到与高速飞行器、火箭乃至将来星际航行有关的交叉学科，例如，为解决高速飞行器的烧蚀问题所需要的化学固体力学，研究发动机内燃烧原理的化学流体力学，与高速飞行器和星际航行有关的高温条件下的等离子体和电磁流体力学，与高温高压极端条件下材料性质有关的物理力学，甚至谈到地壳深处极高压条件下的物质第五态的力学等等。他始终站得很高，看得很远，引领着我国力学战线的广大科研人员向着远大而重要的战略目标进军。

在开展科学研究的格局上，钱学森主张要分成三个层次来解决问题。这三个层次就是：中国科学院的研究所、工业部门的研究所和企业的研究所。他认为，科学院的研究所，应该解决带有方向性、共同性的问题，其最大的任务是在领导科学技术的发展中，要彻底了解工程技术的世界水平，提出未来 10 年、15 年的发展方向，这也许是现在工程技术的深入发展和前进，也许是探索出一个完全崭新的方向。他还认为，科学研究和工业教育，应该走在工业的前面，给工业指导方向，而不是等工业上有了什么问题，你才被动地去解决。

钱学森特别强调科学研究与实际的结合。他说，任何科学研究必须和实际结合，挑选题目时应和国家工业推进的方向相适应，要注意生产过程中发生什么问题，要耐心地考虑，并从里面发现其中共同之点，解决这一问题，就可以解决类似的若干问题。研究结果要注意实践的意义，研究结果应该做到人家能用才算完成。

在开展研究工作中，钱学森特别强调理论分析的重要性和研究工作、人才培养的计划性，以及培养集体工作的精神。

“文化大革命”一结束，钱学森又在 1978 年发表了一篇题为《现代力学》的重要文章。当时国际上电子计算机早已进入科学技术的各个领域，而我国由于“文化大革命”而落后了很多。他在文章中强调：“必须明确要把电子计算机和力学结合起来，不然就不是现代力学，就不是现代化，就不能说以 70 年代世界先进水平作为我们的起点。”

钱学森 1995 年还给中国力学学会写信，谈他对今日力学的认识。他在总结整个 20 世纪力学的发展情况的基础上，发表了对力学的性质和对象以及力学的研究方法的精辟见解：

> 从过去 100 年来力学发展的情况看，力学是一门处理宏观问题的学问，它包括相对论，但它不包括量子理论，它是用理论，通过具体数字计算解答一个个实际问题。这些问题在过去都来自工程技术，但今后也会来自自然科学的研究，如对星系的运动发展。
>
> 力学是要对实际问题做出数字解答，当然要用电子计算机。这就是两方面的问题：一是对计算机的要求，看来是不会有上限的；今天已有每秒数十亿次 FLOP 的计算机，力学也欢迎将来每秒万亿次 FLOP 的巨型计算机。二是计算方法的问题；这也需要不断研究改进。
>
> 力学工作也会遇到一时解决实际问题的理论方法尚不能认为有十分把握，怎么办？这时就要设计一个实验，用实验来验证理论的关键部分。如现在要设

计超声速燃烧的冲压发动机(Scramjet),就要作爆炸风洞的试验,它的试验时间还不到(1/10)s,但已足够验证理论的正确性了。有了对理论的把握就可以心中有数地去解决实际问题了。

总起来一句话:今日力学是一门用计算机计算去回答一切宏观的实际科学技术问题,计算方法非常重要;另一个辅助手段是巧妙设计的实验。

从钱学森回国创建力学研究所和中国力学学会,到今天已经整整半个世纪了,钱学森始终不渝地提醒广大力学工作者:力学要熟悉工程实践,解决实际问题,要走在生产前面,要理论和实践相结合,要充分应用电子计算机的模拟手段,要和数学家、物理学家、计算技术专家及仪器专家合作,最终则是给工程以数字解答。

四、对我国力学学科建设所起的巨大作用

钱学森对我国力学学科建设起到了巨大的作用。以他为首,根据国家当时和长远的需要,在力学研究所陆续开辟了一系列当时在世界上也是极新的研究方向,使力学所从一开始就有了一个很高的起点。他提出的力学研究主要应走技术科学道路和立足国内的主张,对我国力学界有重要的指导意义;他强调的事事要从实际出发,要善于分析矛盾,要学会抓主要矛盾,要把实际问题上升到理论,又回到实际中去解决问题,而且要寓发明于理论,生动地阐明了我们应当始终坚持的思想路线;他也很重视力学作为基础科学的部分,认为应当有精干的队伍从事此项工作;他身体力行,很早便在力学所介绍重整化群理论和混沌理论,并强调要把湍流和非线性科学联系起来,作为基础科学问题来研究;他提倡要勇于创新,敢于突破旧框框,要打好基础又要学会边干边学,要全面掌握资料,直至把它们印在脑海里,随时调用进行科学创新;要做"出汗"的工作;要鼓励自由的、平等的学术交流和争辩等等,都应当是我们着力培养的好学风。

五、现代力学要在经济建设中发挥重要作用

钱学森一贯提倡力学科学要为生产建设服务。他从中国的实际出发,早在20世纪50年代就十分强调力学研究要根据我国的具体情况,要在经济建设中发挥重要作用。1955年,钱学森回国后第一次找郑哲敏院士谈话,就要求弹性力学组调整方向,以动力学观点研究建筑物抗地震问题,因为中国是一个地震多发区国家。

1956年初建立力学所,随即在原弹性力学、塑性力学、流体力学以外,成立了物理力学、化学流体力学、控制论等研究组。它们的目标并不仅限于为航天科技服务,化学流体力学目标之一就是为发展我国的化工和冶金工业服务。为此,钱学森不仅安排研究人员同科学院化工冶金研究所合作,而且与叶渚沛所长、郭慕孙先生保持着密切的个人联系,亲自研究转炉顶吹氧和流态化床的问题。

考虑到我国是一个多山和水资源短缺的国家,钱学森十分重视爆破开山和定向爆破筑坝的科学技术问题,亲自参阅有关资料,邀请国内专家来力学所作报告,派人去参观国内当时最大的矿山爆破,并进而在力学所建立了爆破组;考虑到能源的开发利用问题,他组织力学研究所的科研人员开展风能研究,亲自计算并设计了一台可用于多风山口的风

车，继而又建立了风车研究组；为利用水力发电，进行了低水头发电和大功率水轮机的研究，并建立了低水头发电组；积极安排三峡水利枢纽科研项目，倡导并开展百万千瓦水轮机的研究。尽管由于种种原因，有些工作没有在力学所坚持下去，但是多年来，却在国内有关科研单位取得了成绩。在能源问题已经成为一个世界性的重要议题的今天，我们看到了他作为一位科学家的预见性。

钱学森回国后亲自讲授星际航行概论课，组织中国科学院多学科的尖端科学研究攻关。他最早向我国科技人员介绍了有关固体火箭、液氢液氧高能推进剂以及三级火箭推进、爆轰学的研究等重要科研项目。多年来他在尖端科学技术、国家经济建设和国防建设方面作出了重要贡献。

六、钱学森为新中国培养出第一代力学工作者

1. 创办工程力学研究班

新中国成立之初，我国的高等院校都没有力学专业。1952 年院系调整，教育部也只是在北京大学成立了数学力学系。1956 年，国务院组织制定完成了“12 年科学技术发展远景规划”，同时也提出了一个紧迫的问题：谁来承担其中的具体工作？面临力学人才短缺的困境，以钱学森为首的力学发展领导小组提出两条建议：①在若干所大学设立力学专业。但当年招生，5 年后才能出来人才，缓不济急；②从 1957—1958 年重点工科院校的毕业生中，挑选优秀者，办力学研究班。

国务院采纳了钱学森等人的建议，决定由高教部与中国科学院在清华大学建立工程力学和自动化两个研究班（工程力学研究班办了三届，自动化研究班办了一届），该研究班由中国科学院力学研究所和清华大学联合承办。钱学森、郭永怀、钱伟长、钟士模等参加建班的最初工作。中国科学院党委书记张劲夫大力推动了这一工程科学高品位人才的培育工作。钱学森担任两个研究班的第一主持人，他根据在国外发展航天工程的特点及经验，深知在航空航天领域培养从事技术科学的人才的重要性，来创建这两个研究班。工程力学研究班分流体力学和固体力学两个专业。自 1957 年 2 月起每年招生约 100 人，学制两年。至 1962 年 2 月，力学研究班共办了三届，招收学员 309 人。

研究班的培养目标定位于高层次师资和研究人员。毕业后，教育部发文正式将这 3 届培养的研究班学员认同为研究生毕业（因当时我国尚未实行学位制度）。工程力学研究班和自动化研究班培养了从事工程力学与自动化这一技术科学领域的研究与教育人才。

钱学森深知技术科学的重要性以及在航空、航天领域里基础工作的重要性，他将工程力学研究班和自动化研究班作为在国内培养技术科学人才的“试点”。他亲自为两个研究班学员讲课，教材都是在美国时的自编讲义，内容有“水动力学”和“宇航工程讲座”，以及他在跨、超声速流动，薄壳屈曲理论，工程控制理论这些分支领域取得的开创性成果。钱学森的渊博知识和深入浅出的讲解深深地感染了每一个学员。更重要的是，钱学森理论联系实际的治学思想对研究班和学员们产生了深远的影响。

三届工程力学研究班培养的人才经过毕业后 40 多年的工作考验，证明这一培养制度是成功的。以 20 世纪 90 年代中国力学学会第四、五届理事会常务理事的组成人员为

例:20 多位常务理事中有 1/4 的人员曾经是工程力学班的学员。在这两个研究班学员里还产生了数位科学院院士和工程院院士。这些学员们伴随着历史走过我国工程力学和自动化科学发展的近半个世纪的轨迹,各自在自己的教学、研究岗位上为我国的科学技术事业发展作出了贡献。历史证明了钱学森这一有预见性和战略性的眼光,为我国力学事业和自动化事业的发展奠定了坚实的基础。

2. 创建中国科学技术大学近代力学系

1958 年,钱学森参加了以郭沫若院长为首的中国科学技术大学筹备委员会工作,并在科大创立时担任近代力学系第一任系主任,时间长达 20 年。他为中国科学技术大学,特别是近代力学系的创立与发展作出了重大的贡献,为新中国培育了新的一代近代力学工作者,对全国的力学教育产生了重大的影响。

在钱学森的领导下,近代力学系从成立之日起,就非常明确地提出,要培养技术科学工作者,也就是培养介于科学家和工程师之间的人才。按照这样的培养目标,“理工结合”很自然成为近代力学系培养人才的原则。近代力学系自建系伊始,在确定培养目标、设置专业、制定教学计划、决定课程设置、聘请教师、“所系结合”实施专业教学、鼓励学生参加科学研究、指导学生毕业论文等各个人才培养环节,无不渗透着钱学森的心血。

钱学森在 1957 年的一篇论文中,关于“力学与航空”和“技术科学的新方向”涉及力学及与之相关学科论述,成为中国科学技术大学专业设置的指导思想,并在以后中科大专业设置中得以实现:高速空气动力学、高温固体力学、化学流体力学和土及岩石力学等专业,设置在近代力学系;物理力学专业设置在化学物理系。钱学森还亲自为招生工作撰写了专业介绍。这些专业的设置,是面向未来的,反映了当代技术科学的发展方向,并且是国家建设急需要发展的学科。当时,这些专业在国内其他院校还未曾设过。高瞻远瞩、面向未来、设置新型专业、培养人才,是钱学森一贯的指导思想。1992 年 9 月,他在给葛燧庭院士的信中写道:“现在中国科学技术大学有材料设计专业吗? 似应设此专业,将来还可以设系。”当力学系根据钱学森的意见,经过调查研究,决定设此专业时,钱学森又分别于 1994 年 6 月和 1996 年 1 月两次写信给力学系予以肯定,称赞“力学系也很称职”。直至 2000 年,近代力学系的教学计划和课程设置,一直遵循了钱学森的思想。

钱学森以极大的热忱关心中国科学技术大学和近代力学系的成长和发展,并见诸行动。他在百忙中时常到校,召开任课教师座谈会研究教学,召开学生座谈会听取学生意见,指导学生课外活动,并赠款给学校改善设备和解决学生困难等等,并受到毛泽东主席的称赞。

钱学森所做的一切,为近代力学系奠定了良好的基础,特别是他的科学世界观、方法论和教育思想,给中国科学技术大学的师生留下了不可磨灭的影响。同时,也对全国的教育,特别是力学教育发生了重大影响。

从 1963 年起,近代力学系每年都有一批毕业生分配到力学科研院所、国防科技系统和高等院校从事科研教学工作。无论是在研究单位从事基础研究、应用研究工作,还是在工厂从事工程技术工作,他们都能很快适应,有潜力、有进取精神,受到用人单位的好评。他们中的多数人,已经成为这些单位的骨干、学科(业务)带头人;近代力学系前 3 届

毕业生都是全程接受过钱学森的教育的学生，到 2000 年，他们当中，已经有 5 位杰出者当选为中国科学院院士或中国工程院院士。

从钱学森创办清华大学工程力学研究班和创建中国科学技术大学近代力学系这两件不同寻常的事迹，足以看出他为培养新中国第一代力学工作者所倾注的心血和所作出的贡献。

第三十五章

钱学森与中国的航天事业

钱学森被誉为"火箭之王"、"中国航天之父"。他作为我国导弹航天事业的开创者和技术负责人，为我国导弹航天事业作出了杰出的贡献。为此，他曾荣获国家科技进步特等奖和"两弹一星功勋奖章"。在1991年10月16日，国务院、中央军委授予他"国家杰出贡献科学家"称号和"一级英模奖章"。江泽民在授奖仪式上讲到："钱学森是我国杰出的科学家……特别是在老一辈无产阶级革命家的领导下，钱学森以他渊博的知识和对人民事业的热忱，为组织领导新中国火箭、导弹和航天器的研究发展工作发挥了重要作用。"

一、开启新中国导弹航天事业的序幕

1955年底到1956年上半年，钱学森多次亲自给中国人民解放军高级将领作报告，讲解火箭导弹知识，分析导弹在未来战争中的作用。他的讲课深入浅出，形象生动，使许多对火箭导弹这一新型武器了解不多的元帅和老将军们听得津津有味，并对这一新型武器产生了莫大的兴趣。为他回归祖国后建功立业迈出了极其重要的第一步，同时也开启了新中国导弹航天事业的序幕。

二、中国航天科技事业的开拓者和战略家；重大航天技术攻关的指导者和决策者

1956年2月17日，由钱学森起草的关于《建立我国国防航空工业

的意见书》（当时为了保密用“国防航空工业”，以下简称《意见书》）送到了周恩来总理的案头。

钱学森的《意见书》，提出了我国发展火箭、导弹事业的组织方案，实施计划和某些具体措施。《意见书》建议：

（1）“领导机构应包括科学、工程、军事、政治方面的人员。这个机构设在国防部”。

（2）从事长远及基本研究的单位，“重点放在完全了解一个问题的机理”，“探索新方向”。这种单位“组织上可以在中国科学院系统之内，但同时也归上述领导机构领导”，如“现在的科学院内的力学研究所”，其他研究所中的“高温材料研究、电子学研究、计算机研究等；将来很可能再设空气动力研究所、自动控制研究所等”，“估计这个方面工作的研究人员，在整个系统完成时有 600 人，其中有副博士水平以上的研究人员 120 人至 150 人”。

（3）从事设计研究的单位，其任务是“生产新型产品，包括试制及试飞阶段在内”。这是一个“很大的复杂的机构，在整个系统完成时应有技术人员 6 000 人，其中有副博士水平以上的人员 500 人至 600 人”。它应该包括：“空气动力研究所、结构研究所、火箭推进机研究所、冲压推进机研究所，透平式推进机研究所、控制系统研究所、材料研究所、燃料研究所、计算局……”

（4）生产工厂“是航空生产的一系列工厂”，“包括金属及非金属原料工厂，各种零件制造厂，电器制造厂，燃料工厂，最后才是飞机及飞弹制造厂”。

《意见书》在分析了当时国内航空工业十分落后的状况以后指出：问题是如何“以最迅速的方法，建立起我国国防航空工业的三部分：研究、设计和生产”。《意见书》建议：①立即在国防部成立航空局，实施全面的规划和领导；②从全国调配力量，组建队伍；③争取苏联及其他兄弟国家的援助。

《意见书》还开列了一批可以调来参与这一事业的 21 位高级专家名单，其中包括任新民、罗沛霖、梁守槃、庄逢甘、罗时钧、林津、胡海昌等。《意见书》提出，健全的国防航空工业，“除了制造工厂之外，还应该有一个强大的为设计服务的研究及试验单位，也应该有一个作为长远及基本研究单位。自然，这几个部门应该有一个统一领导的机构，作全面规划及安排的工作”。

钱学森的《意见书》，受到了党中央的高度重视。1956 年 3 月 14 日，周恩来总理亲自主持中央军委会议，会议决定由周恩来、聂荣臻和钱学森等筹备组建导弹航空科学研究机构——航空工业委员会。会议还研究决定按照钱学森的建议，组建导弹航空事业的科研机构、设计机构和生产机构。国务院任命聂荣臻为航空工业委员会主任，钱学森为委员。

遵照中央军委的决议，1956 年 5 月 10 日，聂荣臻提出《关于建立我国导弹研究工作的初步意见》，建议在航空工业委员会下设立导弹管理局，由钱学森任第一副局长兼总工程师；建议建立导弹研究院，由钱学森任院长。中央书记处很快批准了聂荣臻的初步意见。中央书记处书记邓小平表示：“大家放手去干，成功了，功劳是你们的；失败了，责任由书记处承担。”

1956 年春，周恩来总理组织数百名科学技术专家制定《1956—1967 年 12 年科学技

术发展远景规划纲要(草案)》,确定了57项重要科技研究课题,由钱学森主持编制了《喷气和火箭技术的建立》的规划,正式启动了我国的导弹与火箭技术事业。

1958年1月9日,钱学森主持制定国防部五院第二个五年计划的研制规划。1964年春,他负责组织了我国著名的战略导弹武器发展大讨论,制定了我国地地导弹发展的"8年4弹"规划。

1965年1月8日,他正式提出《早日制定我国人造卫星研究计划,并列入国家计划》的报告。钱学森在报告中指出:"自苏联1957年10月4日发射第一颗人造地球卫星以来,中国科学院和国防部第五研究院对这些技术都有过考虑,但未作为一项研制任务。现在看来,弹道导弹已有一定基础,如进一步发展,即能发射携带仪器的卫星,计划中的洲际导弹也有发射人造卫星的能力。工作是艰苦复杂的,必须及早开展有关研究,才能到时拿出东西。因此,建议早日制定研究计划,列入国家计划,促其发展。"这是钱学森归国10年后,为我国航天事业提出的又一项重大建议。建议报告受到了党中央的高度重视,同年就批准了国防科委关于研制人造卫星的报告。这样,我国人造卫星进入了工程研制阶段。

1968年5月30日,钱学森作为中国空间技术研究院院长,直接领导编制了《我国人造卫星、宇宙飞船十年规划(草案)》。

1974年9月,钱学森主持国防科委会议,部署国防科委机关向中央起草报告,正式启动了我国首批太平洋海域远程运载火箭试验的准备工作,并且亲自承担起运筹、指导震惊世界的我国首批太平洋火箭试验任务。

1962年3月21日,我国自行研制的第一枚液体中近程导弹"东风-2号"进行首次飞行试验失败后,对热情高涨的广大的科技人员确实是当头一棒,人们大为震惊,深感痛惜,顿觉压力很大。面对失败,钱学森除了组织故障分析,布置开展多种技术方案的分析、论证,动员开展预先研究外,他还一再开导大家,我们是白手起家,创业维艰,但我们不能向困难低头,只要大家认真对待,就没有攀登不上去的高峰,就没有克服不了得困难。他说:"我们要杀出一条血路来,搞出我们自己的导弹,就是导弹没有尾翼像一支铅笔那样,我们也要很好地控制住它。"

三、组建中国第一个火箭导弹研究机构——国防部第五研究院;中国的"两弹结合"为全世界震惊

根据《关于建立我国导弹研究工作的初步意见》和中央书记处的批示,钱学森立即受命组建中国第一个火箭导弹研究机构——国防部第五研究院。1956年10月8日,正好是钱学森回归祖国一周年的日子,由聂荣臻主持,国防部第五研究院宣布成立。

钱学森回到祖国的时候,苏联和美国的人造卫星并没有上天,洲际导弹技术在国外也尚未突破。所以对于导弹究竟能不能成为一项重要的国防技术,一般人并没有明确的认识。人们认识比较明确的是飞机。1956年10月,党中央、毛泽东主席洞察国际风云变幻,作出了发展我国导弹事业的英明决策。同年10月,中国第一个导弹研究机构——国防部第五研究院宣告成立,钱学森担任院长。钱学森以他在总体、动力、制导、气动力、结

构、计算机、质量控制等领域的丰富知识，为组织领导新中国火箭、导弹和航天器的研究发展工作发挥了巨大作用，在学术上的最大贡献则是创建发展了航天系统工程。

1964年10月16日，中国的原子武器震响世界以后，西方有人说出这样的比喻——“中国人有弹无枪”。周恩来说：这“无非是说我们光有原子弹，没有运载工具，我们要用导弹把原子弹打出去，用行动来回答舆论的挑战！”

1965年春天，党中央、国务院提出在1966年内组织进行“两弹结合试验”的任务。这是一次史无前例的科学试验，关系十分重大。当时遇到的第一个棘手的问题，就是导弹弹头原来是按照装TNT炸药设计的，现在装核装置，弹头空间十分紧张，需要改变弹头的外形设计。在技术与政治重大责任的压力面前，钱学森以他渊博的力学、火箭总体知识和技术科学研究与实践的经验，果断地作出支持总体部不改变弹头外形方案的决策。

1966年10月24日，毛泽东主席批准了导弹核武器发射试验实施报告。钱学森协助聂荣臻元帅组织实施了我国首次导弹核武器试验。27日凌晨，随着导弹发射基地的一声巨响和核试验场一片蘑菇云的升腾，中国向世界宣告：中国人不仅有弹，而且有枪。全世界为之震惊。

我国导弹、航天事业，起步远比发达国家晚得多，之所以能够在较短的时间内赶上来，就是因为我们有自己的创新和特色。这一成功，仅靠跟踪别人的零星残缺的资料是绝对无法做到的。许多原理的突破，各种实验设计方案和方法的确定，都是我们理论联系实际，独立思考，依据自己的条件和能力，不断创新，创造性地建立起具有自己特色的一整套系统。钱学森作为我国导弹航天事业的技术总负责人，他对航天领域所涉及的众多技术问题，提出过许多科学的预见和超前的设想，也敏锐地支持过许多创新的建议，并具体指导大家进行科学探索和技术公关，为我国导弹航天事业的创立和发展作出了杰出的贡献。

1955年10月，钱学森历经磨难回到了祖国的怀抱，他怀着报效祖国的赤诚之心，投入了新中国火箭、导弹和航天器的研究开发工作。在老一辈无产阶级革命家的领导下，从培训科技干部做起，克服重重困难，用4年的时间研制发射成功我国第一枚近程导弹，又用4年的时间研制成功中近程导弹，此后又用两年的时间，于1966年使我国有了导弹核武器。在他回国之后不到15年的时间，于1970年我国成功发射了第一颗人造地球卫星，我国导弹核武器和航天科学技术得到了飞速发展，开始跻身于世界强国之列。聂荣臻元帅曾说过：“这是与学森同志出色的工作分不开的。”

四、为我国第一颗人造地球卫星发射成功作出了重大贡献

早在1953年，钱学森就研究了星际航行理论的可行性。1958年，中国科学院成立以钱学森为组长的领导小组，负责筹建人造卫星、运载火箭以及卫星探测仪器和空间物理的设计、研究机构。1961年6月，钱学森在第一次座谈会上发表了题为《今天苏联及美国星际航天火箭动力及其展望》的演讲。1963年，中国科学院成立了由竺可桢、裴丽生、钱学森、赵九章领导的星际航行委员会，负责组织制定星际航行发展规划，安排预先研究课题。1961—1963年，钱学森、郭永怀等人以极大的魄力和科学预见，在中国科学院组织

“星际航行座谈会”，汇聚数、理、化、天、地、生、力及声、光、电、半导体、遥感、医学等多学科、多高新技术领域的高层次专家，针对发展我国的航天事业连续举行了12次专题研讨活动，讨论的问题十分广泛，如运载工具、推进剂、姿态控制、气动力、气动热、生物空间实验、微重力影响等等，这个座谈会对后来我国航天科研事业具有重要的意义，并由此启动了其他高新技术领域研究的开展。

1965年1月8日，钱学森正式向国家提出报告，建议早日制定我国人造卫星的研究计划并列入国家任务。中央专门委员会于1965年原则批准了我国第一颗人造卫星的规划方案，以及争取在1970年左右发射我国第一颗人造卫星的设想。

钱学森组织领导了我国第一颗人造卫星的研制发射工作。为解决人造卫星研制中的许多关键技术问题贡献了智慧，发挥了决策和指导作用。他主持或参加主持了多次卫星研制工作的重要会议，对各种重大工程技术问题做出了重要决策，他经常深入科研第一线，指导解决一些关键性技术问题。他多次带队向周恩来总理汇报卫星研制情况和卫星发射准备情况，在周总理的坚决支持下，解决了不少当时带有政治性的技术问题，排除了无端的干扰，保证了卫星研制工作的顺利开展。1966年6月下旬，第一颗人造卫星运载火箭“长征一号”，为解决滑行段喷管控制问题而进行的滑行段晃动半实物仿真试验，出现了晃动幅值达几十米的异常现象，钱学森亲临现场，在讨论中认定：此现象在近于失重状态下产生，原晃动模型已不成立，此时流体已呈粉末状态，晃动很小，不影响飞行。后来多次飞行实验证明，这个结论是正确的。在“文化大革命”期间，钱学森协助周恩来总理，为领导人造卫星计划的正常进行，协同七机部军管会副主任杨国宇全权处理有关试车事宜，并在8月22日取得试车成功。1970年，在周恩来总理的直接关怀下，钱学森等在酒泉卫星发射场组织实施了第一颗人造卫星的发射工作。1970年4月24日，质量为173公斤的我国第一颗人造卫星发射成功。这颗人造卫星向全世界播送的《东方红》乐曲，宣告了新中国迎来了航天时代的黎明。

钱学森以他在总体、动力、制导、气动力、结构、材料、计算机、质量控制等领域的丰富知识，为组织领导火箭、导弹和航天器的研制工作发挥了巨大作用，他对中国导弹航天事业的发展作出了重大贡献。

五、在我国首批太平洋运载火箭试验过程中，发挥着组织攻关、技术指导和技术决策的重要作用

我国在洲际导弹研制过程中，遇到很多技术难题，有些课题的研究范围远远超出了几个研究所，或者几个研究院的工作范围。比如洲际导弹的弹头防热设计与试验评定问题、导弹命中精度分析与评定问题等，都是由钱学森亲自组织跨部门的任务协同和技术攻关的。钱学森以他渊博的学识、在科学技术领域的崇高威望，能够组织起包括中国科学院有关院所，国防科工委测量通信总体所、导弹试验基地和航天系统所有相关研究机构来共同攻关。在这些关键性课题的攻关过程中，钱学森发挥着组织攻关、技术指导和技术决策的重要作用，他的作用在当时是无人能够取代的。

1974年9月，在听取七机部总体部汇报我国首批太平洋火箭试验方案和有关问题

时，为了统一研究设计中争持不下的两种不同意见，钱学森指出我国首批太平洋火箭试验是新中国成立以来最大规模的技术科学试验，对我国导弹与火箭研制具有重大意义。同时他又明确地指出我国首批太平洋火箭试验要解决好几个技术问题，要求："我国首批太平洋火箭试验，一定要比美苏初期试验水平高，第一，公告宣布的试验禁区要比他们小；第二，试验禁区封锁时间要比他们短。"在进行技术决策时，钱学森在充分听取了各方面的意见后，总是一针见血，毫不含糊。他的意见成为航天科技人员进一步落实我国首批太平洋火箭试验技术工作的指南。在航天科技系统连续奋战了5个年头之后，终于制定出切实可行的试验方案。

1980年5月18日，我国向太平洋南纬7度零分，东经171度33分为中心、半径70海里圆形海域范围内的公海上，发射的第一枚运载火箭获得圆满成功(《人民日报》1980年5月19日)。1985年，钱学森无可争辩地以第一获奖人的资格与屠守锷、姚桐斌、郝复俭、梁思礼、庄逢甘、李绪鄂等一起获得我国战略导弹技术发展的重大贡献奖——国家科技进步特等奖。

六、创立了中国航天系统工程

钱学森在组织领导我国火箭、导弹和航天器的研究发展工作中，学术上最重要的贡献是发展了航天系统工程。在开创我国导弹事业与航天事业的进程中，钱学森首先遇到的难题应该说不是导弹和航天技术发展中的具体技术问题，而是如何组建一个高效、有序的导弹与火箭工程开发组织管理系统。现代复杂工程系统的开发管理，至今仍然是世界性难题。

20世纪50年代末，美国在研制"北极星导弹系统"过程中，提炼出一种叫作"计划协调管理技术(PERT)"的工程开发管理方法，取得了明显的成效。钱学森敏锐地认识到它的价值。1962年，在钱学森的倡导和支持下，及时地把它应用到了我国导弹与火箭的研制管理之中。同时，钱学森运用并发展了他在喷气推进工作中获得的经验。从20世纪50年代后期中国航天计划开始实施的时候起，他就和广大干部、科技人员在周恩来总理和聂荣臻主任领导下，把当时苏联航空技术发展中的总体设计部和我国行政组织管理的实践结合起来，这也就是今天称为航天系统工程的组织管理。科学管理的成效，打开了人们的眼界，使系统工程管理技术很快在导弹与火箭参制单位全面推广开来，不仅加快了导弹与火箭的研制与试验进度，而且更加有效地利用了我国有限的人力、物力和财力资源。从20世纪60年代的"两弹结合试验"、20世纪70年代的人造卫星试验和20世纪80年代的太平洋远程运载火箭试验、水下发射潜地导弹试验和地球同步卫星试验等重大科研工程，都采用了系统工程管理技术，取得了巨大成功。

一、钱学森把技术科学强国思想带回祖国，发展祖国的技术科学事业
二、创建了一大批技术科学研究机构，培养了几代技术科学人才
三、提出了许多技术科学发展的新领域

第三十六章 钱学森与中国技术科学的发展

钱学森不仅是把技术科学思想带回中国的第一人，而且也是我国技术科学的倡导者和主要奠基人。

一、钱学森把技术科学强国思想带回祖国，发展祖国的技术科学事业

在钱学森看来，科学和技术，特别是技术科学是富民强国的根本。他以祖国的建设为目的，把技术科学介绍给我国科技界，希望通过技术科学的研究，缩短由科学研究成果到工程技术成果的周期。他指出，技术科学要为工程技术提供有科学依据的工程理论，它是以为工程技术（广义上指一切应用领域）服务为目的的科学。这使技术科学区别于自然科学（现称基础科学）。简单地说，自然科学以认识世界为目的，而技术科学则以改造世界为目的。技术科学也不等同于工程技术，因为技术科学研究工程技术中带有共性的东西，意在使工程设计摆脱传统上依靠经验为主的局限性，从而加速产业的创立与发展。他在《工程控制论》一书的前言中写道："技术科学致力于将工程实践中的设计原理组织成科学，以揭示不同工程实践领域的相似性和强调基本概念的强大威力。"技术科学以自然科学的理论为依据，创建工程技术所需要的工程理论。这首先是因为自然科学的理论有普适性。另一方面，由于自然科学为了弄清楚事物的基本规律，不得不把研究对象置于最简单的条件之下，而且因为是追求最基本的规律，自然科学不必，也不能提供为解决工程技术问题而必需的所有规律。技术科学研究的对象大多受多种条件的影响或约束，不允许像自然科学那样把

条件简化，因而往往没有现成的规律可循。钱学森首先把技术科学界定为自然科学与工程技术的桥梁，同时指出技术科学研究也是一种富有创造性的劳动。

为了提高我国的综合实力，必须大力开展技术科学的研究，技术科学是自然科学与工程技术的桥梁，它把工程技术和其他重要应用作为研究的对象，研究的目的是改造世界。而且，技术科学同其他科学一样，也是人类认识世界和改造世界过程中认识事物客观规律性的一个独立的认识源泉。

钱学森的技术科学思想有一个突出的特点就是：面向国民经济系统、面向军事系统和面向社会发展系统，以解决这三大系统中提出的现实问题为最终目标。抓住实际问题的本质要害，给出符合客观实际、经得起实际检验的解决问题的方法和途径，达到真正有效地解决实际问题。当然这是非常困难的一类研究，而我国的发展急需大量的这类研究，正是由于在钱学森的倡导、坚持和指导下，形成了中国技术科学的特色。

现在，全国有许多与技术科学相关的研究单位和高等院校的技术科学院系，在他们的研究工作、培养人才方面，都在继承和发扬着钱学森的技术科学思想和方法，特别是在航天科技系统和国防科技系统，更是以团队集体传承的方式，继承发扬着钱学森精神和钱学森技术科学思想和方法。

二、创建了一大批技术科学研究机构，培养了几代技术科学人才

重视技术科学研究机构的建设是钱学森技术科学思想的一大特色。他亲自主持的创建或直接指导创建的科学技术研究机构，是他对我国科学技术事业的又一大贡献。

中国科学院是中国科学技术研究的权威机构，是科学研究的国家队。其中的力学研究所、自动化研究所和系统科学研究所等著名研究所是钱学森亲自主持创建或直接指导创建的。

钱学森归国之初主持创建的最为重要的技术科学研究机构是1956年10月8日成立的我国第一个火箭导弹研究机构——国防部第五研究院。由此发展成为后来的第七机械工业部——航天部。包括现在的航天科技集团公司和航天科工集团公司以及隶属国防科工委和总装备部的整个航天科研系统。比如人们熟知的运载火箭研究院（钱学森任首任院长）、中国空间技术研究院（钱学森任首任院长）、酒泉卫星发射中心、中国航天员科研训练中心（原中国航天医学研究所）、中央军委总装备部的中国空气动力发展与研究中心（钱学森是工程建设筹备领导组的组长），国务院的技术经济发展中心等等。

中国科学院系统科学研究所，是专门从事国防经济和国防建设的控制理论研究和大系统的综合研究，以及有关数学边缘学科基础理论研究的。为适应科学技术发展的形势，在钱学森和关肇直（1919—1982）院士等著名科学家的建议下，于1979年在数学研究所的有关室（组）的基础上组建而成。建所初期设有基础数学、物理数学、统计数学、运筹数学、控制理论、运筹管理六个研究室，有研究人员近百人。第一任所长是关肇直，副所长是著名数学家吴文俊院士，著名运筹学家许国志院士和著名质量管理专家刘源张院士。他们都是与钱学森有很深的学术渊源，许国志院士与钱学森同船归国，是创建力学

研究所的主要成员；刘源张院士1956年归国，钱学森在力学研究所专门为他设立质量管理研究室，成为新中国的"质量管理之父"。

系统科学研究有两个基本特点。一方面，它们与工程技术、经济建设密切相关，有很强的应用性；另一方面，它的理论基础不仅紧密地依赖于各有关专门学科，而且和现代数学的几乎所有分支都有密切关系，因此，它促使了数学向其他科学技术领域的渗透。这些特点与钱学森的科学技术思想极为融合。

钱学森是我国系统工程的主要倡导者。在钱学森大力倡导下，1986年3月18日成立了总装备部系统工程研究所（原国防科工委系统工程研究所）。在当年我军百万大裁军的形势下，能够从航空、航天、电子、船舶、兵器等领域以及有关工程技术研究机构抽调一批技术专家，并招收包括理工科、经济学等专业在内的一批研究生，新组建系统工程研究所，从中足见领导的决心之大和钱学森的期望之高。

建所以后，钱学森还亲自主持了系统所轮流举行的系统学讨论班，一般情况下每月一次，钱学森经常推荐讨论班要讨论的问题和有关资料，如混沌学等，并就每次的主题报告做总结发言。这一系统学讨论班在新建的系统工程研究所坚持了两年多的时间，为系统工程研究所培养了一批系统分析学术技术带头人和年轻科研骨干，在系统工程研究所从幼年到成长壮大的过程中发挥了非常重要的作用。

在高等教育系统，中国科学技术大学的近代力学系和近代物理系，国防科学技术大学的系统工程系的许多学科设置，上海机械学院的系统工程系和专业，20世纪50—60年代全国各大学的力学系和专业，自动控制系和专业，包括电子工程中一部分应用专业以及20世纪70年代后期许多高等院校的系统科学和系统工程专业都是按照钱学森的思想建立的。

三、提出了许多技术科学发展的新领域

钱学森不仅是提出"技术科学"概念的第一人，并且始终不渝地结合我国国情大力倡导技术科学。早在1947年夏天，钱学森回国探亲时在浙江大学、上海交通大学和清华大学三所著名大学所作的题为《工程与工程科学》的讲演，目的就是宣传技术科学的重要性，反映出他急盼祖国繁荣昌盛的赤子之心。讲演回顾了20世纪上半叶科学技术的研究，越来越成为决定国家和国际事务中的关键的历史事实，其中最富戏剧性的实例乃是第二次世界大战中雷达和原子弹的发展，对世界民主力量的伟大胜利所作出的卓越贡献。钱学森意识到：纯科学的发现与工业应用之间的距离已经很短，而且留长发的科学家和留短发的工程师之间的差别也非常之小，他们之间紧密合作的实际需要产生了一类新人，那就是工程科学家，他们在纯科学和工程之间架起桥梁，运用基础科学知识解决工程问题。钱学森在讲演中系统介绍了工程科学的内涵，工程科学家的任务以及培养工程科学家需要接受什么样的教育和训练。1955年冬，刚刚回到祖国的钱学森就在北京理工大学作了《谈技术科学》的报告。他在报告中明确指出：应用力学或工程力学应属于技术科学，它介于基础科学和工程技术之间，它的研究对象应是工程专业中共同性的和具有规律性的问题。

钱学森积极倡导并指导工程科学的研究。在回国的第二个月里，就受命创建中国科学院力学研究所。他当时的建所思想不只限于力学，还包括自动控制、工程经济、物理力学等新的技术科学，实际上是按照技术科学的框架模式来建所的。1956年起，钱学森和钱伟长一起在清华大学连续举办了3期工程力学研究班，1期自动化研究班。1958年钱学森和郭沫若、严济慈、华罗庚等一起组建了中国科学技术大学，开始大批培养工程科学家的工作。1957年发表了《论技术科学》的论文，全面地论述了技术科学的范围、方法论以及人才培养和科学技术工作的组织等各个方面。他认为，虽然自然科学是工程技术的基础，但它又不能包括工程技术中的规律。要把自然科学理论应用到工程技术上去，并不是一个简单的推演工作，应该做科学理论和工程技术的综合工作。因此，有科学基础的工程理论既不是自然科学也不是工程技术，而是两部分有机组合的总和。这就是现代科学技术体系的一个新层次——技术科学。

钱学森在《论技术科学》一文中列出的新的发展方向有：化学流体力学、物理力学、电磁流体力学、流变学、土和岩石力学、核反应堆理论、工程控制论、计算技术、工程光谱学、运用学（即运筹学）等。半个世纪以来的实践证明，这些新的技术科学确实在国民经济和国防建设中发挥了重大作用。

钱学森对中国技术科学的贡献不仅在于他作为一代杰出的技术科学专家的个人学术成就，更重要的在于他对发展中国技术科学事业不可替代的领导和指导作用。

第三十七章 钱学森论核科学技术

核武器和核科学技术原本不是钱学森的专业，也不是他所从事和主管的范围。他对核科学技术和核武器问题的关注缘起于两项工作。第一项，是20世纪40年代后期探讨核动力火箭的可能性；第二项，是20世纪60年代以后研究实现“两弹结合”问题。在两弹结合研究工作开始的时候，钱学森曾告诫自己和七机部的科技人员说：“关于核弹头本身的问题，我们不便过问。”但他很快意识到，这是一种“私心”的表现，于是他抛弃这种杂念，对核武器和核科学技术的发展问题坦诚发表自己的见解。有两件突出的事：一是1956年我国制定第一个科学发展远景规划时，他为参加制定规划的领导和科学家们作了一个关于核科学技术的精彩报告，给很多同志留下了深刻的印象；另一件是1978年在我国决策上高能物理重大工程时他发表的意见——《作为尖端科学技术的高能物理》。

一、关于导弹核武器的有关问题

我国第一颗原子弹爆炸成功后，一些西方国家的媒体讥讽中国是有弹无枪。因为只有把原子弹和导弹结合起来才能构成真正的导弹核武器，而“两弹结合”却是一个十分复杂的问题。钱学森曾为我国突破“两弹结合”的关键技术提出过原则性意见，并被采纳。

两弹结合飞行爆炸试验以后，1966年12月31日，钱学森在核试验基地座谈会上的发言中又进一步指出：今天的核能是用化学能出发的，今后的发展是不是会用核能来发出基本粒子的能量？当然这需要找一个开锁的“钥匙”，犹如铀235是打开核能的“钥匙”，裂变是核能的途径一样。什么是打开基本粒子能的“钥匙”和具体途径？也就是把单位质量释放的能量再提高十倍、几十倍的方法是什么？这就对基

本粒子的研究提出了很具体的要求。

在1966年用"东-2甲"导弹进行两弹结合飞行爆炸试验以后，新的导弹和核弹型号依然存在许多两弹结合的问题。钱学森在1967年1月20日提出："'东-3'、'东-4'的弹头外形变不变？重心变不变？飞行试验程序如何定？对一些具体技术问题，两个部门如何协调分工，比如：各系统本身的试验按各自的特点和需要进行。但对于综合性验收性试验，二、七机部均可提出项目和要求，最后由七机部负责协调和确定。所需二机部的产品，由七机部提出，由二机部负责提供。"

"另外，在七机部进行遥测的情况下，如二机部需委托七机部进行遥测记录，由二机部提出遥测参数表，七机部提出遥测记录设备的输入讯号要求。如遥测设备由二机部自行负责解决，则由二机部提出遥测设备安装设计要求，七机部负责安排并安装。由于同步起爆的过程，信息总量不多，但时间非常短，大约是几毫秒，所以信息率非常大。如果我们搞一个长时间能传输这样大信息率的通道，而只用几个毫秒，未免太浪费了。所以这是一个十分特殊的遥测问题，应该单独研究。由谁研究？七机部还是二机部？这个问题要明确。"

"环境试验是否集中起来？看来还是相对地集中，不可能绝对地集中，七机部一院、五院都有一些，二机部九院也要搞一些，大家协同起来，互通有无才好。"

钱学森归纳说："1. 二机部的工作探索性大，研究性大，试验性大，因此各种条件及参数的裕度小，所以对此必须多商量；2. 我们两个部门的经验不同，没有共同的经验基础；3. 将来有了实践，才能有个文件的基础；4. 协商是我们工作的基本方法。"

1. 关于核弹头

在1966年末，钱学森提出，特种装药的弹头能不能再进一步，来一个数量级的发展（即威力成十倍、百倍地增长）？经过论证，他提出：仅从原子核的微观过程来看，铀235、钚239和氚都没有很大区别，能量的释放只相当于不到1%的静质量。怎样才能释放大于1%的质量为能量？达到10%以上？这就要深入到粒子的内部去发现新的大能量释放过程。对此后来他论证道：

（1）为什么要深入到基本粒子内部去发现新的大能量释放过程？这是因为我们过去认识了原子，才知道分子间的化学能。打破了原子核，产生了核能，才进入到基本粒子的领域，所以我们必须打破基本粒子，进入物质的再下一层，才能研究解决更大能量释放的问题。

（2）那就是基本粒子能的概念了。也就是只有进入到下一层物质结构才能解决利用那一层结构的能。这就犹如进入到原子，才知道分子能，进入到基本粒子，才知道原子能一样。这就要求科学院要加强基本粒子研究，考虑是否要建1 000亿电子伏特到10 000亿电子伏特的加速器，以及要不要加强受控热核反应的研究等问题。

（3）还有一个可能，即突破重子数A守恒定律。这是一个更长远的问题。因为一直到现在为止，我们所发现的基本粒子反应都满足这样一条定律，即如果我们令质子或中子具有一个为"1"的原子序数（反质子、反中子为-1），那么在反应中，此数守恒。由于这一守恒律，基本粒子的反应，如果从正物质出发，就不可能释放出相当于1%以上的静质量为能量，但我认为这也不是绝对不可打破的。在核物理、核反应没有被认识时，不是

也说原子是永恒的嘛？原子是不能打破的嘛？所以，一旦突破了重子数 A，其释放的能量就可以成数量级地增加。

2. 关于核爆炸的测量问题

关于核爆炸的测量问题。钱学森提出，我们即将进入温度在几千万度，质量密度在几克每平方厘米的超高温、超高压等离子体的研究，不光是在外面研究其影响，而是要测量到其内部，研究其本身，这一领域的下限是“电爆丝”技术。对我们来说，这是一套全新的科学技术，首先应开展理论研究工作，中国科学院可以为这一新的领域组织力量。

与此相关的是等离子体科学和等离子技术。钱学森指出，它直接关系到热核爆炸、受控热核反应、导弹头再入现象的测试及分析和各种再入目标等。从核科学领域来看，它涉及：

(1)星体内部　温度为 10^{11}K，密度直到 10^6克/厘米^3。

(2)核爆炸反应区　温度为 10^8K，密度为几克/厘米^3。

(3)电爆丝　温度为 10^4K，密度为几克/厘米^3。

(4)受控热核反应　温度为 10^7K，密度为 10^{-4}克/厘米^3。

(5)再入现象　温度为 10^4K，密度为 10^{-4}克/厘米^3。

对于这一跨学科的尖端技术问题，钱学森建议召开一次学术会议及文献总结，找出我们如何为尖端技术服务的途径。他指出：“工作要单刀直入，不能陷在枝节问题上。”

关于是否应该研究电爆丝技术，看看是否有可能大大提高它的温度？钱学森提出，办法是用高能量的电脉冲。问题是我们怎样能够输入 10^7焦耳，即约 2.4×10^6卡的能量？如果可以的话，他认为用 1 亿焦耳达到 10^7K 的高温是有希望的。这说明，巨脉冲放电是一项基本技术。有了这个装置，我们就可以进行以下试验：放电激波管及放电激波风洞，放电脉冲风洞，巨脉冲激光，高温电爆丝，气体中的放电等。他建议开展用电爆丝来研究高密度等离子体的工作。

3. 新技术在核武器中的应用

钱学森也关注新技术在核武器中的应用，如对用化学激光引爆氢弹的问题。他的看法是：

(1)近来由于激光成功地把重氢核压在一起，出了中子，燃起了人们对用激光点燃聚变反应的希望。又因为最理想的激光能源是化学反应，及直接从化学反应来产生巨脉冲激光，因此就有人提出用化学炸药通过化学激光引爆氢弹。如果这能够实现，那就跨过裂变反应这一步。因为裂变反应的原料铀233、铀235、钚239 极为难得，所以必须投入极大的资源和技术力量才能搞原子弹、氢弹。以上的理想如能实现，那就不要大量投资就能搞氢弹了。

(2)但是这里面的困难是极其艰巨的。首先，目前点燃氢弹是靠裂变弹的爆炸。我们以所谓“标准”裂变弹为准来计算，点燃氢弹所必需的能量是 2 万吨黄色炸药，也可以说是 2 万吨化学反应物质所释放出来的能量。所以如果点燃氢弹的技术不改进，那么即使化学激光的发生效率是 100%，也得用 2 万吨的化学炸药才能点燃氢弹。这自然是不成的。

(3)我们最多只能用2吨的化学炸药来产生化学激光。这2吨化学炸药大约能产生8.4×10^{9}焦耳的化学能。如果转换为激光能量的效率高达10%,激光能才8.4×10^{8}焦耳。我们必须研究用这样的激光能量点燃氢弹的技术。

二、关于核科学技术问题

钱学森不仅在核武器方面有自己的见解,而且在整个核科学技术方面,他也提出过许多独到的想法和看法。

1. 关于核科学技术

1969年2月3日,钱学森对核技术和航天技术两大领域进行了宏观的比较。他说:"一直到今天,航天技术虽然说把人类的活动范围大大地扩展了,是一项很大的成就。但是其所用的原理却是古老的,没有超出20世纪初期的东西。既没有用上相对论,也没有用上原子物理、核物理等在20世纪30年代才大大发展起来的东西;从这一点来说航天技术的发展没有核技术来得深刻。也说明对生产将起深刻作用的,是核技术!核技术是我们必须十分重视的;当然,若干年之后,核技术又将同航天技术合起来,把航天技术大大地推向前!如原子火箭发动机和氘火箭发动机等。"

钱学森认为,核科学技术非常重要。他对整个二机部的工作也有自己的看法,认为二机部所从事的是一个全新的技术领域,也是从微观到宏观,从理论计算到工厂生产的宽广纵深的工作。这项事业目前处在什么阶段,今后发展前景如何?

为了说明这个问题,他将核工业与化学工业作了比较,因为化学工业是建筑在分子和原子相互作用的基础上的;而核工业则深入到原子核内部,它是建筑在核子相互作用的基础上的。他说:

> (1)虽然我们的祖先在几十万年以前就懂得用火,也就是化学燃烧,但是真正的大规模的化学工业,要等到人们认识了分子结构以后,即20世纪的初年。可以认为,世界第一个反应堆或第一批反应堆就如人类第一次学会用火。我们用这个比方就可以看出:①原子能的利用还处在相当原始的初期,将来的发展必定是广阔的;②原子能的大发展也有待于我们真正了解原子核的结构。
>
> (2)从单个原子核的反应能量比单个分子化学反应大一百万倍到几百万倍来说,核工业的前途比化学工业也要广阔得多。
>
> (3)我们最终将能利用所有的原子核,而不是现在的几种,将人类第二次发现的"火种"发扬光大。
>
> (4)为此在科学院必须大力开展原子核的研究,原子核结构的研究。
>
> (5)二机部的任务是提供核燃料,如^{233}U、^{235}U、^{239}Pu、^{6}Li、^{7}Li、^{2}H、^{3}H等。这些东西都是从采矿开始,经过提炼,经过生产反应堆,经过浓缩,最后取得的。我们一定要强调综合利用,不然核燃料的成本一定降不下来。要综合利用就必须开展新型生产反应堆的研究设计,因此二机部一定要有自己庞大的研究机构。
>
> 综合利用就是:
>
> ①重原子核,即^{232}Th、^{235}U、^{238}U和轻原子核,即^{6}Li、^{7}Li、^{2}H、^{3}H并用;

②提炼原材料时，综合利用；

③研究增殖反应堆和受控热核反应等；

④同时发电和生产核燃料，如超钚元素；

⑤同时淡化海水和生产核燃料；

⑥同时进行化工生产和生产核燃料，如考虑从钨制造铼、锇等稀有元素，大搞“核化工”。这就是说，目的是核燃料，但有其他重要的副产品，如电力、化学产品、淡水等。

(6)将来二机部也可能利用地下核爆炸来生产核燃料。

2. 关于受控热核反应

在具体的核技术方面，首先是受控核能问题。1967年，钱学森用通俗易懂的语言，指出这个问题的本质。他说：“原子反应堆是以裂变为基础的，而原子弹也是以裂变为基础的。因此可以说，原子反应堆是‘受控的原子弹’。而‘受控的氢弹’，或称受控热核反应器，原想完全用热核反应，没有搞成功。直到现在，完全用热核反应的热核弹（即氢弹）也没有搞成，所以这条路可能是条死路，走不通。现在搞出的所谓热核弹（氢弹）是裂变与聚变相结合的。”为此，彭桓武说，也许可以制造出裂变与聚变相结合的受控核能反应器。当然，这种办法不能以几个数量级的范围来扩大以铀为基础的核能源，但钱学森觉得这似乎还是值得考虑的一个途径。他说，这种反应器也可以是一种固体的反应堆，即以铀235、铀238及氘化锂组成的反应堆。其中，氘和锂也是种子慢化剂；这种反应器也可以是气相的反应器，那就需要采取措施，不让未起反应的燃料流出来。

为了具体组织受控热核反应的工作，钱学森还提出了这样一个研究单位的专业设置和人员配备。他说，他提出深入开展这项研究工作的指导思想是：

(1)受控热核反应是人类了解自然，控制和利用自然的一件大事，它将为人类的能源开拓光辉的前景。

(2)工作有非常具体的目标，一个是为光炮作光泵的氘灯，一个是氘火箭发动机。我们力求合乎最后的技术条件，而不是搞一些示范模型。

(3)既然我们提出的途径在理论上是可行的，那么在实践中一定能逐步实现。

(4)这个研究单位不但要有综合装置的工作，也要有深入的微观过程研究，要研究理论。这就是搞原子、分子物理及物理力学的工作。

(5)也要同时搞配套的新技术。大力研究超导磁场及电磁流体发电技术。而这也不是纯研究，是要出东西。金属超导材料就得从原料干起，有自己的车间。这方面超导磁场又可以作为电贮能器，电贮能器又是点燃氘灯所需要的。电磁流体发电技术配合火箭发动机又能为电贮能器提供能源。

因此，这是继核爆炸装置及核反应堆之后的又一项综合性物理技术。当我们充分掌握了超导技术之后，还可以大大地发展超导的其他强电应用，如超导发电机及超导电动机。液氢是必需的，铌也是必需的，自然氘是常用的。都得自己搞，建立工艺流程。

关于受控热核反应器的设计，要涉及一些理论问题。1969年6月25日，钱学森对这一关键性问题作了如下归纳：

（1）现在世界上在这项工作中的流行的想法是完全离开普通化学火焰的机理，不是像化学火焰那样利用粒子间的碰撞把能量关在火焰中。如果那样去做，受控热核反应将是把光辐射通过和粒子的作用，关在火焰中。而这个作用太小了，即自由程太大，从而使最起码的火焰尺寸将是10^6米，即1 000公里！所以这一条路是走不通了。因此就不靠这个办法，而是尽量减少辐射；韧致辐射是一定有的，所以这就产生了用极纯的氘及氚。韧致辐射随温度$T^{1/2}$而上升，而反应热随温度的上升还更快些，所以可以有一个点火温度。

（2）但是反应区的极高温度问题还是不能接触容器的，近1亿度的高温！所以想出了用磁场的办法，即把粒子关在磁力线之内，这也是利用反应中等离子体的特点。一直到现在，关键是关得住关不住的问题。我们可以相信，最后总是可以关住的。这里的问题是同一个新的自然现象作斗争，逐步摸清规律。我仍然以为伺服反馈控制的稳定方法可以考虑。

（3）但是磁场关住火焰也有个边，在火焰边界的情况如何？这里是不是也有边界层？能不能通过边界层往火焰送氘和氚？并用这个方法来解决关不住的能量损失。这是个带根本性的理论问题。看来这是得用麦克斯韦尔－波耳茨曼方程来解决的。

（4）这样的反应器也只有20%～30%的能量在器内，70%～80%的能量逸出器外，是高能中子，所以反应器也是个高能中子源。这又是原子能利用的一个新前景，是在现有原子反应堆基础上的又一发展。当然，我们现在还不忙于考虑这个问题，反应器的问题解决了，然后再来解决这个问题。但这个观点也说明受控热核反应的全部过程其实同氢弹也还是极相似的。

钱学森对受控热核反应的研究工作，包括等离子体研究和受控热核反应动力学研究两个方面的问题，1969年6月29日分别作了论述：

（1）受控热核反应器的设想是以磁力封闭为其中心思想的，也靠磁场才能大大降低粒子的扩散和热扩散。所以磁场和等离子体的相互作用是其中心课题，不掌握这方面的规律就不能设计好反应器。

（2）所以应该有一个专门的等离子体动力学研究单位。这个研究单位除了理论工作之外，还要有一个传感过程研究室，实验测定输运过程的各项系数。再就是测试技术研究和磁场技术研究等。

关于动力学方面的研究，钱学森作了几点估算。

（1）从目前的情况来看，最有希望的途径是：①用磁笼的设计，一端封闭略弱，为燃气的出口；②点火用环流收缩。

（2）如果我们本着这样的方案去干，点火用的能量为：以用1克氘来计算，即约2摩尔的粒子，

$E=3RT$；

$R=8.314$ 焦/摩；$T\approx 5\times 10^8$；

$E=3\times 8.314\times 5$ 亿焦 $=124.6$ 亿焦。

所以在这里也得有一个极大的电贮能系统。

（3）从这个观点来看，在以前所说的磁笼研究和环流收缩研究的工作都不能是原型

工作,而是先行研究工作,是为原型工作探路的。研究方法是用上亿焦耳的电贮能系统来试验点火,这是环流收缩研究工作的目的。这是比原型尺寸装置,但温度及密度要一样。而磁笼研究工作是专门研究封闭工作的,这是大尺寸,即原型的尺寸,但温度和密度可以低得多。

3. 关于核材料资源问题

关于核材料的资源问题。钱学森认为,目前已经实现了以裂变为基础的原子能发电,可以从核电站使用过的核燃料提取制造原子弹的核材料钚 239 来看,原子弹、氢弹、潜艇核动力等必须同原子核发电结合起来才能节约!

由于核材料的资源一般是比较稀少的,所以钱学森敏锐地注意到美国在 1964 年进行的第一次地下核试验,通过中子俘获,产生了超铀元素的报道。于是,对这一问题他写下了自己的设想:

(1)我们可以用几公斤的钚来引爆一个大氘化锂(或液氘)加铀 235 的“氢弹”,目的不在于产生能量,而在于生产尽可能多的超铀元素。这就是一个新的设计问题。

(2)然后把这个爆炸封闭在地下,用地壳作容器,即反应器。爆炸后可以等一段时间,让放射性衰减下来,直到超铀元素基本形成。那时就可以开这个人造的超铀元素矿。

(3)也许这个方法同时能产生比较多的钚 239,其生产成本是否有可能比反应堆的方法还便宜?这就是先用反应堆(天然铀为燃料)生产钚 239,分离以后的铀仍然是铀 235;用扩散法或其他方法分离出铀 235;而废料中的铀 238 又成为爆炸法生产各种超铀元素的原料。

此外,钱学森还注意到美国关于用地下核爆炸来开采天然气、石油和深采铜矿等计划,以及用核爆炸建港口、挖运河、劈山、开路等设想。据说用核爆炸的经费仅是化学爆炸的二分之一,关键是核辐射效应。据说现在核爆炸的辐射已经减少,实用的可能性增加了。他说,这可能与搞“干净的”小氢弹有关。

4. 关于核能火箭

早在 20 世纪 40 年代后期,钱学森就探讨过将核能用于火箭动力的可能性,并发表了世界上第一篇关于核能火箭的论文——《应用核能的火箭和其他应用核能的热喷射器》。1955 年回国以后,他在“两弹一星”工作中,则不断探索实现核能火箭在工程上的可行性。1967 年 2 月 7 日,他写下了自己对这一问题的新看法:看来电弧加热火箭难于达到每秒几十公里的喷气速度,而且效率也比较低(由于电离能浪费了),现在才 60%。另外电磁流体火箭的其他设备及规律还未掌握好,效率也只有 50%。只有离子火箭的效率比较高,达 80% ~90%。所以我们应直接干离子火箭,同时发展电磁流体火箭。应组织一个专业的研究所干这件事。同时请二机部及其他协作单位提供空间核能发电装置。

接着,他又以离子火箭作末级,发射大功率地球同步通信卫星为例,在设定卫星及末级火箭在初始轨道上的质量,起始推力和点效率等条件下,进行了一套严密的数学推导和计算,得出了同步轨道上卫星的质量,其中包括有效载荷、动力及结构、推进剂等的质量,喷气功率,电功率等有关数据。由此推导出卫星的质量不大于 800 公斤,80 到 120 千瓦的功率,寿命不小于 4 年等技术指标。

钱学森借鉴美国搞固芯原子火箭发动机的经验，提出我们自己可以把固芯的和气芯的同时搞起来。他说："关于气芯的核火箭问题是不让昂贵的核材料流入工质流中，也就是一个如何让核燃料流动自稳地在一定边区停留得长一些。现在已经发现 Tollmien 的旋涡或 Taylor 旋涡在此出现，大有好处。我们可以利用这一点，想办法促使它发展，并稳定下来。例如供核燃料的方式可以通过反应器的壁面喷嘴，帮助涡流的形成。这实在是一个气动力学问题，如果我们下决心，过细地做工作，就像解决飞机气动力问题那样，做上千次，上万次的试验，再加理论分析，辅助性实验，这个问题总是可以解决的。"

核弹从原子弹走到氢弹，是一个质的飞跃和发展。作为一名思维超前的科学家，钱学森也在思考，是否能造出利用热核能的火箭？对此，他认为，氘火箭的问题其实是一个"点火"的问题。我们要有一个足以把一块氘加热到一亿度或几千万度的"火种"。

通过分析和计算，他得出了一个结论：我们可以考虑用巨脉冲激光来点火，可能要 10^{10}焦耳的能量。这与光炮对付导弹的要求差不多。

钱学森还对用巨脉冲点聚变之火的问题作了推算，从计算可以看出，用蛮干的办法是不能取得成功的，应该更好地利用光的相干性。因此，我们应该立即开展强光与等离子体的作用的研究。是否可以考虑把电爆丝技术同高强度激光结合起来？

5. 关于核动力的应用

1967 年 3 月 28 日，钱学森结合军、民两方面的应用，归纳总结了原子反应堆作为推进动力的应用：①核潜艇——装导弹；②核潜水船——货运；③空间电站——大约 150 千瓦；④高速客轮；⑤原子火箭的反应堆；⑥大型气垫舰；⑦大型水翼舰。

他认为最困难的任务可能是核动力火箭发动机、原子冲压式发动机及原子喷气涡轮发动机研制出高效能的反应堆。中间步骤可能是空间电站、大型水翼舰或大型气垫舰用的反应堆。

对于其中核潜艇的反应堆和空间核电站，钱学森还专门作了说明：

(1)为了制造潜航速度极高的核潜艇，我们就必须制造总体积不大，即功率密度极大的动力反应堆，当然反应堆的总质量也不能大。

(2)为了制造空间电站，那就是个大大减轻质量的问题，这里并不太要求体积小。

(3)从这一点来看，第一，极高潜航速度的核潜艇动力反应堆的问题与空间核电站的动力反应堆的问题，有相同的地方。也许都应该用快中子堆，都应该用热离子直接发电。第二，总体来看，似乎潜艇反应堆的问题更难一些，因为还有一个体积小的问题。

(4)是什么技术途径呢？用快中子堆，用二极热离子管从热能直接发电，也用蒸汽循环的机械动力。

关于这个问题，钱学森还强调指出，我们必须接受美国在搞航空和空间核动力问题上的教训，一步登天是不行的，一定要安排几个中间步骤。说这里面的关键问题是轻质屏蔽。

三、关于发展高能物理问题

高能物理是原子核物理的发展，"高能物理是探索微观世界的前沿，高能物理工作者是征服自然的尖兵"。原中国科学院党委书记、国务委员张劲夫在《科学精神永放光

芒——读〈钱学森手稿〉有感》(《人民日报》2001 年 9 月 24 日)一文中谈到,1956 年我国制定第一个科学发展远景规划时,钱学森为参加制定规划的领导和科学家们"作的关于核聚变的精彩报告,令人眼界大开,使大家看到了当时世界科学技术的前沿"。在 22 年后,当我国决策上高能物理重大工程时,钱学森又发表了《作为尖端科学技术的高能物理》(《光明日报》1978 年 3 月 15 日)的意见。

钱学森在《作为尖端科学技术的高能物理》一文中,首先指出了研究高能物理的特点和研究高能物理的意义。更重要的是他从科学发展史的角度提醒人们在发展高能物理的过程中,要认真总结经验,找出盲目性、偶然性的原因,认识规律,做到有预见,才能避免走弯路,化被动为主动,并联系技术革命特征对我国如何组织研究高能物理提出了自己的看法。

他在回顾原子核物理到原子能技术革命这段历史时说,可以看到的第一点是,查德威克 1932 年发现中子,到 1934 年费米才开始中子和铀原子核的试验,但一做试验就遇到物理学家不能解释的现象。这是因为原子物理工作者不熟悉必要的分析化学,不能从线索中找到本质。就这样徘徊了 5 个年头,是化学家哈恩和施特拉斯曼在 1939 年解开了这个谜,发现了铀 235 吸收中子产生裂变。所以这里的教训是没有组织多专业的会战攻关,或说没有坚强的研究工作的组织领导,因而不能根据研究工作的发展,迅速调集必要的科学技术力量,突破难点。

第二个问题是:早在 20 世纪 30 年代后期人们就知道聚变反应是恒星发光的能源,但一直到二次世界大战后的 20 世纪 50 年代初,才考虑受控热核聚变反应堆,其间有近 15 年的空挡。这是为什么?在二次世界大战之前,原因可能是科学技术人员一下子被几亿度的点火高温难住了,加之当时国家规模的尖端科学技术研究还处于创始时期,资本主义国家政府又无远见,工作得不到支持。在二次世界大战之后,工作又受原子能军事应用的影响,一时人力物力难于调用到这方面来。所以这里的教训是研制工作缺乏全面观点,没有真正的长远规划,因此不能全面安排,组织力量,有计划、按步骤、百折不挠地去实现目标。

在谈到关于如何进行组织研究时,钱学森说,要把高能物理同各方面的"副产品"发展联系起来一起抓,要把高能物理同其主产品,即可能出现的新的技术革命联系起来抓,这将是什么样的科学研究工作呢?当然是尖端科学技术工作。但说到我们当前这项课题,任务还要复杂的多。我们的老一套组织领导方法不够用,因为除了造能量越来越高的加速器和研究物质运动到"基本"粒子和"基本"粒子以下的层次这两点之外,会研究出什么结果,可能出什么技术革命?我们现在不知道。能把物质全部释放成能量,每公斤释放出 21.6 兆吨黄色炸药的能量吗?也许可以,其他就不知道了。这就要求我们组织领导,一方面要高度集中,统一使用力量;另一方面又要求高度机动灵活,能很快抓住研究中出现的苗头,及时调整工作计划,组织新的攻关。

根据上述高能物理这一特殊尖端科学技术的性质,我们必须要考虑的是:要不要一个强有力的技术参谋机构,集中一批有作为的科学家和一批有战略眼光、有才干的科学技术工作组织家,利用电子计算机等工具,制定长远规划,编制年度计划,安排短期突击,报请领导审批。在领导审批后,这个技术参谋机构要调动必要的科学技术力量,组织会战,组织基本建设、器材物资的供应等。

第三十八章 大力推动中国计算机科学和信息技术的发展

钱学森对推动中国计算机科学和信息技术的发展起了很大的作用，他的推动方式特色鲜明。首先，是广泛宣传，推广应用；其次，是大力支持理论探索，精心组织研制；第三，是在哲学和方法论层次对电子计算的设计思想方面给予热情指导。他的一些远见卓识在今天看来仍然具有指导意义。

一、从20世纪50年代开始，坚持不懈地向各学科领域大力宣传电子计算机，推广应用电子计算机

钱学森在推动每一项科研事业、建立每一个学科领域，都要大力宣传，推广应用现代计算工具计算机。

上世纪60年代后期在抓空气动力研究与发展中心建设也是如此。1968年2月15日钱学森亲自主持了“空气动力计算技术工作会议”，研究讨论应用计算机计算的问题。他在会上讲到，一般认为空气动力学理论只是设计人员取得数据的向导，具体的数据要通过实验，即风洞、弹道靶场及模型自由飞行试验来取得。

这是比较经典的办法。新的可能方法是用计算机计算。对此，他具体分析说，超高速空气动力学中的一切简单外形的计算是有成效的，而且速度没有什么限制，比建风洞容易。问题是精度如何？能否在计算机上作精度试验？国外计算机的速度已到1 000万次每秒，在这种情况下摄动法到底有没有用？三维计算问题能解决吗？大家提

出来三结合:计算机设计,计算方法研究及力学工作,具体如何结合? 变分法,直接变分法怎么样? 也有一个将风洞吹风、模型自由飞行、计算机计算三者互相结合补充的问题。我们总要考虑多快好省的问题,因此是否主要在于代替全尺寸飞行器的自由飞行、特高速度和弹性空气动力问题。

钱学森还讲了应用计算机的具体问题。在以后的岁月里,随着计算机技术的发展,计算能力的快速提高,钱学森曾多次指出,要充分利用这种现代化的计算手段,发展和完善计算空气动力学。

1968 年 9 月 7 日,钱学森结合导弹型号设计问题,对电子计算机和计算技术的前景作了更加全面的论述,其中包括在国民经济领域里的应用。

搞理论计算要有工具,那就是大容量的高速电子计算机。钱学森说,计算速度极大、贮存量极大的电子计算机正在进一步发展,在不远的将来,运算速度可以达到 1 000 万次每秒,信息贮存也可以大大提高。另外,模拟计算机也将同数字计算机的原理结合起来,开辟新的道路。模拟计算机自有其使用方便和实时性的特点,因此对设计人员,特别是在搞初步设计、精度要求不太高时适用。模拟机的精度有限,因为总脱不开元件本身在多变环境条件下的物理性能变化,即便在非线性及函数发生器电子化了之后,也是如此。

型号设计中有一个用全部数学模拟打靶阶段,这用高速的数字计算机最好。因为是全部数学模拟,所以也不必是实时计算,这样精度高,随机因素可以引用随机数法来解决。这种打靶是设计阶段后的重要手段,用来检验设计方案,试验新方案,探索新途径。

所有这些发展都将进一步促进电子计算机在以下几个领域中的应用:工业生产过程自动化中的控制机,复杂武器系统中的控制机。我们必须在其他的方面,对如何充分发挥电子计算机的作用做些工作。这些方面的可能应用是:

(1)规划及计划经济、生产经济技术中的应用。即长远规划的平衡,多种方案的比较,年度计划的平衡,企业库存的核算、平衡,统计工作(运筹学),日常工、农业的调度。这就是要把近代数学及计算技术作为国民经济管理的一个有用工具,我们不能用中世纪的工具来搞 20 世纪的经济活动。

(2)信息处理技术中的应用。包括情报资料的分类、归档、贮存、提取,自动化翻译,有人及自动化情报监视系统。

(3)基础科学研究中的应用。即中国科学院基础科学研究中的复杂计算,如基本粒子的研究,宇宙演化的研究等。

(4)工程设计中的应用。包括方案选择、设计工作中的详细计算,气动力学计算,核爆炸的计算,分子性能及宏观性质的计算等。

为了执行这方面的任务,我们必须开展计算机的科研、试制、计算机的生产,以及使用维修,计算人员的培训,计算数学的研究,经验交流工作。

由于钱学森对数学和计算机的重视,他对中国科学技术大学 58 ~ 60 级前三届学生都采取了加强数学和《计算机原理和应用》课程修习的措施。他认为:“研究技术科学就离不了作为人们理论工具的数学。”“作为一个技术科学工作,除了掌握现有的数学方法以外,还必须经常注意数学方面的发展,要能灵敏地认出对技术科学有用的新数学,快速

地加以应用。”钱学森预见到，“电子计算机的发展对技术科学的研究有深切的影响”，并指出，“在将来，我们不能想象一个不懂得用电子计算机的技术工作者”怎样开展工作。在我国刚刚研制出第一台一地址机的时候，钱学森就在中国科学技术大学近代力学系的教学计划中安排了《计算机原理和应用》的课程，这显然具有远见卓识。

1989 年钱学森在中国科学院数学研究所作了《发展我国的数学科学》(《数学通报》1990 年第 6 期)的报告中强调指出：“我们中国的数学家再也不能认为数学工作的工具就是纸加笔，而是纸加笔再加电子计算机，你要老不用电子计算机，那恐怕还是 19 世纪的数学科学，算不上是现代数学科学，更不是 21 世纪的数学科学了。”由此可见，钱学森向各行各业和各个学科领域推广应用电子计算机几乎到了大声疾呼的地步了。

二、探索电子计算机的基础理论，强力支持电子计算机的组织研制

1. 关于发展电子计算机科学问题

钱学森在他的著名文章《现代科学技术》(《人民日报》1977 年 12 月 9 日)一文中指出：“数学告诉我们如何计算数值，如何演算方程式，如何搞一般的推理。今天我们必须说在这三个数学的功能方面我们有了一种高效能的机器，来帮助我们工作，这就是电子计算机，特别是电子数值计算机。”他举了一个航空航天技术中的例子说：“远程导弹每秒 7 公里，超过声速 20 多倍，全靠风洞无法解决。这时出现了电子计算机，可以不用风洞吹，用电子计算机算。但这需要计算能力很大的电子计算机。每秒运算一百万次的，一千万次的，一亿次的，现在已经做到，但还不够，将来还可以造一百亿次，一万亿次的高速计算机。到那时造价很高、运算费用大的大型高速风洞可以省下或少用，主要用大型或巨型电子计算机来算出空气作用力……所以发展不发展电子计算机，不是可有可无的事情。”“至于小一点的电子计算机，几十万次到一百万次的，制造不太难。有了这种几十万次的计算机，就可以大大促进生产过程的自动化。许多管理工作也可以用电子计算机解决。电子计算机可以大量节约人力物力和时间。”

2. 关于第一代巨型机的设计思想

1977 年钱学森在北京友谊宾馆举行的讨论银河计算机问题的会上，就根据“导线”与“元件”的性价比、大规模集成电路的发展等，在计算机设计思想方面提出了若干很有启发性的建议：

> 现在电子计算机的发展比之于在 20 世纪 50 年代电子计算机的发展有一个很大的不同，形象地说，可以是这么两句话，就是在以前是元件很贵，而导线是便宜的。现在呢？反过来了，元件很便宜，而“导线”是贵了，导线怎么贵了？因为导线长了以后，运算速度就上不去，所以导线是件麻烦事……这就提出一个很值得我们考虑的问题，即我们现在的设计思想是不是还沿袭了过去元件贵、导线便宜的那个时代的思想？而现在反过来了，是元件便宜“导线”贵，那就值得我们考虑，现在我们搞的结构设计，指导思想上是不是有错误？
>
> 这就给我们提出了一个问题，就是机器的结构，几何布局是非常重要的。

由于大规模集成电路的发展，一个片子上元件可以很多了，这样一来，其机器的结构就变了，缩短了信号传递的途径，因而加快了它的速度。那么，这就是说我们设计机器时也要考虑拓扑结构和几何结构，这是一个很有意义的问题，是一个根本的改革，这问题值得我们研究。

还有一个问题，就是既然元件便宜了，那是不是可以考虑多用一些元件来提高计算机的速度，这可能不可能？因为过去是为了节省元件，我们设计了一套逻辑、运算结构，现在元件便宜了，能不能改呀？后来我知道电子工业部的罗沛霖同志做过一些这方面的工作，证明是可以的。我觉得这个问题值得研究。这些问题都是属于我们进一步发展电子计算机方面的问题，也就是进一步提高运算的能力。在这方面，应该打破一些旧的框框。

3. 关于智能机的基础理论

钱学森1984年8月3日在"国防科工委第五代计算机专家讨论会"上作了《关于"第五代计算机"的问题》(《自然》杂志1985年第1期)的长篇发言。这个发言总体上从思维科学的角度谈了当代计算机的设计思路。他说：

今天我们的第一代巨型机已经做出来了，现在要考虑我们国家在第一代巨型机的基础上怎样提高速度。我们必须从科学道理上来探讨这些问题，而不是盲目地向前跑，就机器本身的问题，充分讨论一下。

所谓第五代计算机有两个概念，一是第二代巨型计算机；一是第一代智能机。第一代巨型机在世界上，在我国已经有了。这些机器的运算速度是以几十兆浮点每秒运算。现在的巨型机仅仅打破了冯·诺伊曼(Von Neumann)的流水线单行运算格局，引入了并行运算。再发展下去，就是更大的巨型机，把现在的运算速度再大大提高。这可以是一种对所谓第五代计算机的理解。这种理解实质是第四代计算机的进一步发展，没有什么原则性的突破。所以是不是可以把所谓第五代计算机看作是第二代巨型计算机。

日本人说的"第五代计算机"，其概念、功能都与前四代不一样。它将包括图像信息处理系统、知识信息处理系统、专家系统和知识库，并把这些知识处理系统和逻辑运算结合起来，成为一个体系。从思维科学的角度看，上述知识处理系统都有一个特点，即它们实际上突破了单纯的逻辑思想，也就是抽象思维的框框，包含了形象思维(直感思维)的因素。现在日本人正在研制的这些系统不是逻辑思维，而是更广阔了，加入了人的经验因素。如果我们对所谓第五代计算机的理解是像日本人所说的那样的话，这才是真正把冯·诺伊曼格局的两条原则都打破了，即不光打破了"流水线单行运算"而且也打破了逻辑运算和推理运算，把形象思维、人的经验因素都加进去了。它可以引入所有的知识，包括脑子记得住的和记不住的。这比人的智力不知道要提高多少倍！这种概念已不是一个计算机，而是一个智能机。为避免混淆，建议这样一个概念叫作第一代智能机。智能机或叫智能机的体系才是现在说的所谓信息社会的核心问题。智能机发展下去，也会有第二代、第三代……那将会变成国家智力的一个重要

组成部分。

还不到一年，钱学森又在1985年5月26日全国第五代计算机学术研讨会上发表了讲话，着重谈了我国智能机的发展问题。他首先就世界范围内的第五代计算机研制问题作了评论。其结论大致可归纳为两点：第一，一个国家要在21世纪的世界站得住脚，就必须掌握先进的科学技术，先进的科学技术就包括智能机。我们在研究大战略时必须要考虑。第二，目前国外智能机研究工作情况并不健康。一哄而起，热闹有余，扎实不够。有不少人是凑热闹、赶浪潮。日本政府对新一代计算机好像也是这种作风，拿出来的东西并不怎么样。我们对此要清醒，要有批评的态度。

事实证明，钱学森的评论和批评不但是正确的，也是最早提出来的。这对我们的智能机研制工作是有重要的指导和启发作用。

钱学森同时也对我国智能机的研制工作提出了更为具体的指导建议。他说："我们应该用主观和客观、理论和实践、知和行相统一的观点来对待智能机的研制工作。必须把智能机的理论工作与其试制、试验工作结合起来，把人工智能的理论和实践结合起来。世界上出现'过热'的原因，就是理论研究做得不够扎实。"

如何把理论和实际结合起来？钱学森认为："智能机和人工智能的理论是思维科学；而思维科学的发展不能等待脑科学的发展，要走人工智能的道路。也就是说，用思维科学来指导智能机的研究工作，又用智能机的发展来推动思维科学的研究。这也是具有中国特色的人工智能的发展道路。具体地说，在模拟人的智能时，要靠复杂的非单调逻辑推理（不是单调逻辑推理）；要运用系统科学中的巨系统理论。因为人的智能不是简单逻辑网络，而是逻辑推理网络的巨系统，当系统复杂程度达到一定高度时，会出现'协同作用'，出现'有序化'现象。有序化现象形成智能跟智慧，这是从量变到质变，是一个飞跃。这也是理论研究的方向。总的想法就是要大大加强理论工作，但理论要联系实际。我想，能不能把人工智能的现有成果，如专家系统，收集起来加以改进和提高，取得有用的结果。所以，我建议一方面研究基础理论，一方面结合具体的专家系统的改进工作，出成果。"

三、从哲学及方法论层次探索和指导智能机的基础理论研究

1. 电子计算机技术是一次新技术革命

钱学森在《现代科学技术》一文的最后指出："电子计算机不但能计算，而且能演算方程式，能作数学推理工作，可以把人从繁重的、比较简单的脑力劳动解脱出来。这就如工作母机是人手的延伸，机器是人造出来的，但干起活来，比人手做得好。电子计算机也是人造出来的，当然不可能代替人的全部思维，但是可以帮助人思维，而且更快，更精细，因此能够完成光靠人力无法完成的课题。我们说计算机能代替人搞一部分思维，因为思维同世界上其他一切一样都是物质运动或运动着的物质；不然我们就陷入唯心论。但我们说计算机永远也代替不了人的全部思维，因为第一，计算机是人造的，人是计算机的主人；第二，当人从简单的，计算机能搞的思维解脱出来时，人的思维又可以向更高一级发

展。人是会越来越聪明的,计算机总是第二,不可能完全代替人。不这样考虑,就要陷入机械唯物论……电子计算机将渗入到工农业生产,科学技术工作,生产管理,商业,甚至一切管理机构,是对人类社会的一个大变革。18世纪下半叶的蒸汽机引起了大工业的产业革命,19世纪下半叶的电力引起了工农业的集中,促成了垄断资本主义的发展,所以都是技术革命。现在原子能是技术革命。那么电子计算机技术是不是技术革命呢?我们要不要能动地推动这场技术革命呢?这是一个非常重要的问题,需要我们来研究它。"

从钱学森的这段论述,我们首先看到他提醒人们要用辩证唯物论的世界观来看待现代科学技术发展的形势。辩证唯物论是指导科学技术发展的唯一正确的科学理论;其次,如果我们用今天电子计算机发展水平来看近30年前钱学森的观点,不得不被他那极具超前的科学预见性所折服。

四、钱学森热心支持我国信息技术领域的高科技研究

长期以来,钱学森始终对信息技术的发展极为关心。20世纪80年代以来,他引导我国信息技术领域的科技专家深入思考国际上产生"软件危机"的原因,他指导信息技术专家们要从战略高度认识软件的重要性,尤其是中文信息处理将产生深远的影响。他提出软件也是文化的概念。1993年9月,美国政府发布了建设国家信息基础设施(National Information Infrastructure)的NII行动计划后,钱学森多次把这方面的文章批阅给我国的信息专家们,指示他们开展对"信息高速公路计划"战略层面的研讨;对世界历史上几次产业革命的发生、发展和影响进行深入分析。钱学森说:"应站在历史演变和产业革命发展的高度来认识信息技术。"他还亲自领导了一个关于"第五次产业革命"的研究小组,通过讨论、研究,广泛宣传,大大加深了人们对信息技术战略意义的认识。

钱学森不仅在战略层面对我国信息技术领域的专家们热情指导,在具体的技术层面,如面向对象技术、人工智能技术、虚拟现实技术、信息挖掘和情报激活等方面也提出了很多很好的建议和意见,也给予了很多的具体指导。

经过"863"等国家计划的努力,我国在CAD、图像处理、人机接口等方面取得了一些可喜的成果,各类仿真模拟系统也取得了实际的效益,同时也对计算和仿真结果的可视化和沉浸化提出了更高、更迫切的需求。在这种背景下,1994年9月20日,钱学森给国家"863"计划专家顾问组副组长、国家"973"计划专家顾问组成员汪成为院士写信向他提出了新的要求。钱学森在信中说:

(1)计算机已在工程技术领域中从CAD到CIMS了,(能否)再发展到Virtual Prototyping。

(2)现在计算机在科学领域中可以求解Quantum Chromo Dynamics了,(能否)使数学家利用计算机搜索可能的复杂关系,并从显示屏幕上得到灵感,找到突破。

(3)在艺术领域中,计算机也应该有所作为吧?……应该打开计算机艺术的大门,开辟一个新的艺术天地!

1995年6月29日他在写给王寿云、于景元、戴汝为、汪成为等6位同志的信中,对信

息网络有关问题发表了自己的看法：

1. 现在我国也在开始信息网络建设，这是第五次产业革命的先声。

2. 但大家似尚未意识到信息网络加用户将构成一个“开放的复杂巨系统”，不是简单巨系统、更不是大系统、小系统等容易调控的系统。

3. 我从前见英刊“New Scientist”中就有文论及新加坡政府原来热衷于进入全球信息网络，以促进其经济发展，现在也察觉到这会引起许多难以调控的问题，所以政府决定放慢此过程，要研究对策和措施。

4. 您六位可否再次合作写一篇要上报刊的文章？指出信息网络及用户是一个开放的复杂巨系统，对世界社会开放，是人造的。我们必须用系统学与开放的复杂巨系统理论来研究制定宏观调控的方案。在一个开放的复杂巨系统出现前就考虑其调控手段，这在历史上还是第一次吧！定会引起大家对开放的复杂巨系统的注意。

上述这些具有前瞻性的思想，在历史的发展过程中得到了证实。一个时期以来，国内从事信息网络的一些专家们对上述思想有了较深刻的认识，以万维网（World Wide Web）所呈现出来的自组织等性质为例，对互联网（Internet）加用户是“一个开放的复杂巨系统”作了科学的论述；另外对用“系统学”与“开放的复杂巨系统”的理论对网络进行宏观调控的看法已受到有关方面的重视。

第三十九章

钱学森对中国科学技术发展规划事业的贡献

在钱学森归国之初，正好赶上我国组织制定第一个科学技术发展远景规划——《1956—1967年12年科学技术发展远景规划纲要（草案）》（简称《12年科学规划》）。这个科学技术规划的实施，对于推动和发展我国的科学技术起了不可替代的重要作用。钱学森在这个科学规划的组织制定中同样起了不可替代的重要作用。当然，钱学森对中国科学技术发展规划事业的贡献还远不止此。他对我国第二个科技发展长远规划——《1963—1972年10年科学技术发展规划纲要》（简称十年规划）、第三个全国科学规划——《1978—1985年全国科学技术发展规划纲要（草案）》（其中还有一个三年规划和到21世纪末的23年远景规划）的组织制定同样都发挥了重要作用。他还亲自组织编制完成了《火箭技术八年发展规划（1965—1972年）》（简称"8年4弹"规划），以及参与了我国"二五"、"三五"、"四五"、"五五"、"六五"、"七五"等"国民经济和社会发展规划"，大力支持制定"863"计划等等。

一、对新中国第一个科学技术发展远景规划的贡献

每当人们谈到新中国的科学技术事业发展时，总要提到1956年。在这一年的1月，毛泽东主席在最高国务会议上指出："我国人民应该有一个远大的规划，要在几十年内，努力改变我国在经济上和科学文化上的落后状况，迅速达到世界上的先进水平。"当年春天，在周恩来总理和陈毅、李富春、聂荣臻副总理的领导下，组织全国757名科学技术专家制定《1956—1967年12年科学技术发展远景规划纲要（草案）》（简称《12年科学规划》）。

钱学森作为一名火箭技术专家，由他主持，与王弼、沈元、任新民等一起完成了第37项《喷气和火箭技术的建立》，它将喷气技术和火箭导弹事业纳入了国家长远规划，描绘出了这一尖端技术的发展蓝图，对推动这一事业的发展起了重要作用。

钱学森在这项规划的说明书中指出："喷气和火箭技术是现代国防事业的两个主要方面：一方面是喷气式飞机；一方面是导弹。没有这两种技术，就没有现代航空，就没有现代的国防。建立喷气和导弹技术，民用航空方面的科学技术也就不难解决了。"规划的目标是："本任务的预期结果是建立并发展喷气和火箭技术，以便在12年内使我国喷气和火箭技术走上独立发展的道路，并接近世界的先进技术水平，以满足国防的需要。"规划的大体进度是："1963—1967年在本国研究的指导下，独立进行设计和制造国防上需要的达到当时先进性能指标的导弹。"

钱学森积极参与了整个规划的制定工作，担任由12位科学家组成的综合组组长，负责整个规划项目的评价、裁决、选择和推荐工作，综合各方面的建议，最终供领导决策。不言而喻，这是一项艰巨而重要的工作。钱学森是一位学识渊博的科学家，由他担任综合组的组长，既是众望所归，也体现了党和国家对一位刚刚归国科学家的信任与重托。钱学森不负众望，出色地完成了这项任务。

这个规划根据国家经济建设和国防建设的需要，拟订了57项重大研究任务，包括基础研究、应用研究和发展研究的一系列重要课题。其中最重要的是采取了6项紧急措施，即：核技术、喷气技术、计算技术、半导体技术、自动化技术和无线电技术。由于当时未公开核技术和喷气技术，所以很多文献中的提法是四大紧急措施。为什么挑选这6个项目？开始时的争议是很大的，但是，最终几乎所有科学技术工作者都一致同意这6项是当时国家最为紧急需要的项目，钱学森可以说起了举足轻重的作用。

1. 飞机与导弹之争

制定12年科学技术规划争论最激烈的是飞机与导弹之争。中国应该重点发展导弹，还是发展飞机？二者的关系又如何？就有不少争论，甚至是非常激烈。因为，当时就连苏联和美国的人造卫星也没有上天，洲际导弹技术也没有突破，人们对于导弹究竟能不能成为一项重要的国防技术并没有明确的认识，许多人甚至不知道导弹是怎么回事，大家认识比较明确的倒是飞机，所以，当时一个主要的争论是，我们国家要不要搞导弹，能不能搞导弹，导弹和飞机是个什么关系，应该说当时赞成搞导弹的同志是少数。

对此，钱学森首先从现代战争的特点作了分析，他认为，飞机的重要性自不待言，而导弹确是一种正在发展的有巨大威力的新型武器，其作用在二次世界大战末期已显现出来，希特勒德国就使用了V-1火箭和V-2导弹。飞机和导弹各有优点，在战争中是相辅相成，缺一不可的。飞机的机动性好，但导弹的优点是它的速度快，这在战争中无论是从进攻还是防守的角度看，都是一个重要的战术性指标。

接着，钱学森又从制造技术方面为大家作了分析比较，他指出，导弹虽然是一种新型武器，但攻克火箭导弹技术不见得比飞机难，从一定意义上说，研制一枚导弹也许比制造一架高性能飞机更容易一些，因为导弹是无人驾驶的一次性武器。

当时钱学森为规划工作提供的材料《航空技术的展望》的第三部分"材料和结构的

问题”中,对导弹和飞机的材料结构和设计作了非常深刻的阐述。他说:“这个结构只运用一次,而在这一次总运用的时间也是很短的。防空飞弹的飞行时间不过几分钟,就是远距离弹道式飞弹也在一小时以内。这就是说,飞弹结构的运用寿命是很短促的,不像一般结构寿命要长到几年或几十年。我们可以利用这一个特点,来改进飞弹结构设计,减轻它的质量。”他还举例说:“金属在高温下受了负载就会渐渐变形,即所谓蠕变;也就是说在一定时间后,它有相应的变形。我们也知道为了结构能完成它的任务,变形是要受一定限度的,而蠕变的速度是因应力大而增加的,所以要寿命长,那么蠕变速度必须低,应力也必须设计的小些。反过来说,如果寿命很短,应力就可以大大加强,结构减轻,在运用时间内也不会有限度以外的变形。这就说明了,如飞弹这种寿命短小的结构,我们在设计上还有许多可以取巧的地方。最有名的例子就是德国在第二次世界大战中的V-2飞弹,这种飞弹尾端有装置在火焰中的四片木质叶片,是为了起飞控制火箭的,木叶片自然会在火箭的火焰中燃烧起来,但是因为使用它的时间只在起飞时的一分钟,燃烧及消损是不成问题的。其实这个短寿命结构概念的应用也不限于飞弹,就是一般飞机,我们也可以把一次飞行作为一个段落,把有些零件的寿命作为一次飞行的时间(即几小时),这些零件就可以在一次飞行降落后拆下作废,另换新的。由上面的讨论来看,显然地,短寿命结构这一概念,是可以在一定情况下,解决设计上的困难,使结构减轻,并可以采用劣等材料,因而大大地减轻成本。”

而飞机则有人驾驶,且要求多次使用,这在发动机、结构、材料和飞行安全等问题上都有许多特殊要求。无论空气动力学的研究作的如何好,要把飞机的模型变成真能飞的飞机还是要靠良好的材料,还是要靠和良好材料配合起来的结构。因为飞机的飞行中必须用翼面产生出与质量相等的升力,而发生了升力,就有阻力,就需要推动力,就需要燃料;而燃料又要增加质量,所以如何减轻飞机的质量是一个很基本的问题。这也就是说,飞机的材料必须要轻而又坚强。强、是为了能吃得住大的应力,坚、是为了在同一应力下,变形小,可以减少许多关于空气弹性力学上的问题。但是成为良好的飞机材料,其条件还不止是这三个,还有其他性质要注意到。可以说,它是一个更为复杂的问题,需要更为先进的、坚实的工业基础,我们国家目前尚不具备这个条件。

当然,发展导弹在技术上也会遇到许多难关,比如制导问题。这也是大家当时不知道导弹为什么会自动飞向目标的一个神秘问题。针对这一问题,钱学森给大家讲解了许多制导的原理,其中包洲际导弹的制导原理。钱学森明确地对大家讲,制导技术问题在短期内就能够突破,所以导弹作为一种现代武器,应及早引起人们的重视,并列入重点项目予以突破。

钱学森的这些具有真知灼见的分析,为绝大多数参加规划编制工作的专家和领导所接受,并统一了大家对导弹问题的认识。50年过去了,事实证明在飞机与导弹之争中钱学森的思想观点是正确的、客观的,是符合我国实际的,是出于公心的,是对国家的一大贡献。

其实,任何正确的科学政策,都必须注意两个根据:一是本国的产业结构(或技术结构);二是科学自身的发展规律。

在发展导弹技术和发展航空技术的争论中，钱学森的观点恰恰是符合上述两个根据的。在建国之初我国的基础工业尚且薄弱，还很难支撑发展航空技术产业、首先难于解决航空材料问题，其次是加工制造技术。50 年后的今天，我们更加清楚地看到，正是由于当时的正确决策，我国的航天事业才取得如此辉煌的成就。

2. 有线与无线之争

通信技术无论在国防建设上，还是在经济建设中都是十分重要的关键技术。在通信技术的发展上，当时也有争论。争论的焦点之一，是有线和无线之争。当时很大一部分同志主张重点发展有线通信技术，这除了有技术上的难易等问题以外，最主要的是因为有线易于保密，而保密却是军事技术上一项根本的要求。

为此，钱学森提出意见说，保密当然是通信技术的重要要求之一，但是，有线通信的局限性太大，不能适应现代战争的多种多样和灵活反应的要求，其严重的弱点是在未来的现代化战争中极易受到破坏。无线通信将比有线通信具有更好的更广泛的适应性。至于保密问题，完全可以设法通过其他办法求得适当解决。当然无线电电子学的重要性还不仅在于通信，它是民用技术以及现代化国防技术中不可缺少的手段。在工农业、医药卫生等部门都离不开无线电电子学。在国防技术上，如雷达、自动化火炮的设计和指挥等，也都离不开无线电电子学。钱学森还特别论证了大屏幕彩色电视在现代战争中的作用，指出大屏幕显示系统将极大地有利于军事指挥机关对现代战争的监视和指挥。钱学森的这一独到的精辟见解，在当时真是令人耳目一新。由于钱学森等的积极倡导，一时间，我国工、农、交通、文教、卫生等部门都纷纷要求有无线电电子学方面的人员去配合他们的工作。无线电电子学专业立即成了热门专业，无线电电子学人才成了最短缺的人才。

3. 关于电子计算机的争议

电子计算机在当今时代的重要性是毋庸置疑的，但在 50 年前，也是一个有争议的项目。电子计算机是那时一项划时代的发明。已知美国电子计算机每秒能运算 8 000 次，这比起手摇电子计算机真是飞跃式的进步。当时人们的认识也仅限于此，至于电子计算机的飞速发展和广阔的应用前景，在当时还不那么明朗，而计算机能否部分代替人脑工作的问题，从科学技术方面来讲，一般人是存有疑问的，从哲学上讲，更是无人敢问津的。为此，钱学森列举了许多实例，说明研制快速电子计算机的重要性，他曾以水轮机的设计为例加以说明。过去为了设计好水轮机，要进行许多实验模拟，理论只能在极其简化的条件下进行计算。现在由于有了电子计算机，就可以用数值方法对包含一切因素的复杂方程精密求解。这样就可以在方程中把影响水轮机设计的种种因素都放进去，这就能在最短的时间以最经济的办法作出最佳的设计。

钱学森还提出，过去数学家所能研究的方程是线性方程，而实际问题中所遇到的却是非线性方程，如流体力学方程。过去由于没有先进的计算手段，对于非线性方程只好采用线性近似的办法，这就丢失了原来方程式中所蕴涵的许多特点。在有了计算机以后，就可以用数值方法来求解非线性方程，当然也因此提出了发展计算数学的种种理论问题。

钱学森还举出电子计算机可以下棋的实例，表明可以代替人的部分思维。那时人们很难理解电脑怎么会胜过人脑。钱学森解释说，人的算度远不如电子计算机快捷，人脑

工作久了会疲倦，所以，电脑在某些方面能胜过人脑。钱学森还介绍了电脑的记忆功能、逻辑功能、甚至学习功能等等，指明计算机科学技术领域是极有发展前景的领域。于是，这一重大项目的决策就此确定下来。

4. 关于自动化技术

关于自动化技术问题，钱学森也作了很好的论证。他向人们介绍了生产过程的机械化和生产过程的自动化在原则上的差别。机械化是只能按一定生产程序而操作的机器；而自动化却是在电子计算机控制下能适应各种不同情况而自动工作的机器。未来工业的发展必然走向自动化操作。这不仅可节省大量劳动力，而且是保证高质量产品所必需。尤为重要的是，在未来战争中，必须有自动化的攻防装备，否则就不能适应未来的高灵敏的快速反应的战争的需要。

钱学森还特别提出农业耕作的自动化问题。他认为，中国农业的发展不能仅限于机械化，而是必须走向自动化。中国农业发展的特点是精耕细作，按照钱学森的说法是如同绣花一样，所以中国必须发展自动化的农业机械，必须在农业机械的设计上引入控制机。

5. 关于半导体技术

钱学森热情支持半导体的研究。因为利用半导体将能制成体积小、寿命长、性能稳定可靠的二极管和三极管。这对发展无线电电子技术和自动化技术是至关重要的。

6. 关于核技术

钱学森虽然不是专攻核科学技术的，但是，他也预见到许多重要领域的发展。他曾指出快中子堆的重要性，因为这能增殖燃料。他也曾提倡研究受控热核反应。为此，他在规划研讨会上作过一个《如何实现受控热核反应》的精彩报告。他提出只要将墙壁作成多孔材料，那么通过液体在多孔介质中的渗漏，将能解决任何大量热能产生后的散热问题。他还指出研究原子能在飞机和潜艇上应用的重要性，因为这能极大地增加续航能力。

在我国制定第一个科学技术发展远景规划工作中，钱学森除了对上述6项紧急措施的决策作出极其重要的贡献以外，还提出了许多有价值的科学想法。例如，他曾讨论到水翼船对我国国防以及水上交通的重要作用。由于水的密度远大于空气的密度，因而只要面积很小的翼面，就足以在水中将高速行驶的船体托起，从而将大大减小水的阻尼作用，极大地提高舰艇的航行速度。如果将水翼船制成高速行驶的鱼雷艇，就能灵活地避开敌舰炮火的攻击，逼近敌舰释放高速鱼雷。他还讨论过虹吸现象在小型水利设施中的作用，指出利用虹吸管将有利于小水电的建设，即将小型水轮机放置在虹吸管中并可输出电流。

钱学森也十分重视基础理论的研究。他指出统计物理和量子力学在工程技术中的重要意义。统计物理可用来计算流体力学方程式中所需用到的状态方程，又指出波耳茨曼方程对研究飞行物在稀薄气体中飞行轨道问题有重要作用。钱学森极力提倡运筹学的研究。他既谈到运筹学在交通运输以及国民经济规划管理中的作用，也强调运筹学在两军对抗情况下的运用问题。

7. 让力学之花在全国盛开

1956年5月“12年科学技术远景规划”的制定工作顺利完成。该规划包含了55项

科学任务,都是与国家工业发展密切相关的项目。

在钱学森和周培源等著名科学家的建议下,周恩来总理同意再增加两项:一项是“自然科学中的重大基本理论问题”;另一项是“科技情报”。最后形成57个重点项目。此外,周总理还指示要专门制定一个发展基础科学的学科规划。“自然科学中的重大基本理论问题”——天文、地理、生物、数学、物理学、化学、力学等学科的发展规划。为推动规划的实施,成立了一系列领导小组。其中力学部分,由钱学森任小组长,郭永怀和张维任副组长。小组紧张工作了一个多月,勾画出了我国力学科学的发展宏伟蓝图。我们已经在第35章介绍过钱学森在20世纪70、80年代参加的两次全国力学发展规划。由此可以看出钱学森对我国力学科学事业的贡献。

在钱学森的主持下,综合规划组曾对57项重大科研任务逐项进行了论证审核。在讨论这些项目过程中,钱学森除了从国家经济建设、国防建设需要的角来度审定这些项目的指导思想以外,他还总是从现代科学可能的发展前景的角度,提请这些项目的倡议者或草拟者注意现代物理和化学的成就对解决这些重大科研任务的作用和影响。这就使得这些科学研究项目的制定能看到科学技术的未来。

钱学森也充分注意到科学技术的发展还需要注意解决自身发展中所存在的一些问题。例如计量基准问题,科技情报问题等等。正是在钱学森的提议下,科技情报系统的建立,也就成为57项重大科研任务的最后一项,而且,自此以后,我国才开始建立各级和各部门的科技情报研究单位。

在制定12年规划的过程中,钱学森的渊博知识和聪明智慧得到了充分展示,中央首长和科学院的领导对他的工作十分满意。科学院院长郭沫若十分欣喜,并赋诗一首《赠钱学森》:“大火无心云外流,望楼几见月当头。太平洋上风涛险,西子湖中景色幽。突破藩篱归故国,参加规划献宏猷,从兹十二年间事,跨箭相期星际游。”

二、参加制定“十年规划”

经过全国各个系统的大力协作,共同努力,12年科学规划提前在1962年基本上完成了。这个规划的实施,使我国建立了一批重要的研究机构,形成了一支相当规模的科技队伍,取得了一批先进的科研成果。尽管当时我国正是遭受自然灾害的困难时期,毛泽东主席以大无畏的英雄气魄,毅然决定在“独立自主,自力更生”的基础上,制定我国的第二个科技发展长远规划。当年由中国科学院和教育部900多位科学家编制完成了《1963—1972年10年科学技术发展规划纲要》(简称《十年规划》)。这次规划提出“自力更生,迎头赶上”、“全面安排、重点突出”的方针,依靠自己的力量部署导弹、原子弹、氢弹的研究试验,安排人造卫星的研制,规划了农业、工业等各方面的最新科学技术研究和应用。在困难时刻,这个规划展示了一幅奋发图强、坚强不屈、夺取胜利的宏伟图景。

这个规划包括六个部分,即重点项目规划,科技事业发展规划,工、农业科学技术发展专业规划,技术科学规划和基础科学规划,共77卷,374个重点研究项目。

在这次规划制定过程中,周恩来总理多次接见钱学森等科学家,鼓励大家团结一致,奋发图强,把发展我国科学技术事业放在自己力量的基点上。在周总理的组织领导下,

科学家们克服重重困难，又制定了我国的第二个科技发展长远规划。毛主席听取了聂荣臻等同志关于《十年规划》的汇报后，指出："一定要打科学技术这一仗，不打这一仗，生产力无法提高。要以革命精神来搞科学技术工作。"但是，这个规划由于"文化大革命"的干扰破坏，没有完全实现。

三、展望新的世纪，参加制定我国第三个科学规划

新中国成立以来，第三个全国科学规划是在 1978 年 3 月全国科学大会通过的《1978—1985 年全国科学技术发展规划纲要（草案）》（其中还有一个三年规划和到 21 世纪末的 23 年远景规划）。这个规划包括农业、工业、国防、文教等 27 个方面，基础科学和技术科学两大部分，确定了 108 项重点项目和农业、能源、材料、电子计算机、激光、空间、高能物理、遗传工程 8 个重点发展领域。规划提出 8 年内达到如下四个的奋斗目标：①部分主要的科学技术领域接近或达到 70 年代的世界先进水平；②专业科学人员达到 80 万人；③拥有一批现代化的科学实验基地；④建成全国科学技术研究体系。

在这次科学技术发展规划制定过程中，钱学森发表大量具有真知灼见的研究论文，如《现代科学技术》、《作为尖端技术的高能物理》和《光子、光学、光子工业》等等，在规划制定讨论会上发表了许多高屋建瓴的建议和意见，即使在科学大会召开期间《光明日报》还报道，著名科学家钱学森连夜向科学大会提出 10 项重要建议。他的这些科学见解对这次规划的制定发挥了重要的作用。

四、"跨箭相期星际游"——《8 年 4 弹规划》

1964 年 6 月，"东风 -2 号"的研制和发射成功。标志着我国已经基本掌握了独立研制导弹的一套复杂技术，也标志着 1956 年制定的 12 年科学技术发展规划的提前完成。我国导弹技术事业需要制定新的长远发展规划，国防部五院党委指定钱学森负责这一规划的制定工作。

在制定规划的前期，钱学森曾组织专家，就我国地地导弹的发展道路问题展开讨论，为制定具体的规划明确方向。当时美国人走的是大推力发动机的路子，而苏联走的是捆绑的路子。我国地地导弹的发展道路是什么？对此，也有争论，钱学森坚持从我国国情出发，独立思考，走自己的道路。经过反复调查论证，最后形成并提出了《我国地地导弹发展途径的意见》。

在此基础上，钱学森又发动五院有关设计、生产、使用部门的工人，技术人员和领导干部 3 000 多人参加了规划方案的讨论，在充分发扬民主的基础上，在 1964 年下半年，编制完成了《火箭技术八年发展规划（1965—1972 年）》（简称《8 年 4 弹规划》）。即在 1965—1972 年 8 年时间里，研制出"东风 -2 号甲"中近程导弹，"东风 -3 号"中程导弹，"东风 -4 号"中远程导弹，和"东风 -5 号"洲际导弹 4 种型号的导弹。

按照这一规划和常规型号的研制、生产任务，五院今后的工作任务将有很大的发展。1965 年 1 月，中共中央根据五院今后的任务需要，在充实了试制、生产力量以后，撤销了五院的建制，决定成立中华人民共和国第七机械工业部，由王秉璋任部长，钱学森等任副

部长。

1965年3月，中央专门委员会批准了七机部制定的《火箭技术八年发展规划》。

1964年，由钱学森负责组织编制完成了《火箭技术八年发展规划(1965—1972年)》(简称《8年4弹规划》)

几个导弹发展规划，导弹领域的组织者和专家们，在仿制成功一枚近程导弹、初步掌握基本技术之后，便立即考虑我国导弹事业的长远发展问题，在20世纪60年代初制定了《8年4弹规划》。这一导弹事业的发展蓝图，为我国从20世纪70年代中期到80年代初完成洲际导弹、潜地导弹和通信卫星三项重点任务，为我国导弹航天事业的进一步发展奠定了坚实的基础。

第四十章

钱学森与中国的管理科学

全国人大常委会副委员长成思危教授曾说过："钱学森教授是我国著名的系统工程专家，他早在 1978 年就已撰文指出'系统工程是组织管理的技术'，此后又提出了'开放的复杂巨系统'、'从定性到定量的综合集成方法'、'要从整体上考虑并解决问题'等重要理论和方法，对推动我国管理科学的发展起到了巨大的作用。"（成思危《发展管理科学首先要提高思想认识——钱学森教授访谈录》，《管理科学学报》，1998 年第 1 卷第 1 期，第 1 页）。钱学森在与成思危副委员长的谈话中指出："管理落后不是一个科学技术问题，而是一个思想认识问题。"真是一语中的。

管理与科技是中国经济起飞的双翼，缺一不可。管理的科学化和现代化，是中国近代早期资本主义萌芽和西学东渐以来，伴随着中国社会曲折而又剧烈变革的必然走势。新中国成立后，在中国共产党的感召下，一大批在海外工作的科学家和留学生冲破重重阻挠，回到祖国怀抱。他们的归国，不仅对中国科学的发展意义重大，而且对中国管理科学的起步举足轻重。钱学森就是其中卓有建树的一位，在我国经济管理和国防建设中起到了重要作用。中国管理科学界公认他是中国管理科学的主要创建者之一。

20 世纪 50 年代，钱学森的《工程控制论》在美国出版，第一次提出在工程设计和实验中能够直接应用的关于受控工程系统的理论、概念和方法，奠定了现代控制论的基础，提出了诸如用不太可靠的元件组成可靠系统等系统学的基本思想，并在管理科学中得到广泛的应用。这是中国人在管理科学方面有世界影响的一大贡献。在归国途

中钱学森和许国志酝酿了运筹学(operation research)的引进;20世纪50年代后期到70年代中期,探索并建立了组织管理现代大规模科学试验的航天系统工程;从20世纪70年代后期开始在全国范围内推广系统工程和系统科学等一系列最新的现代管理科学方法。

一、引入西方管理科学方法的先行者

1. 钱学森是引进运筹学思想和方法的第一人

管理科学和运筹学是同义词。运筹学的名称是第二次世界大战中当一队英美科学家研究怎样在英国本土的防空中配备雷达的问题时所创造出来的。他们认识到这问题不是一个电子工程问题而是一个"运筹"问题,换句话说,这不是一个创造工艺的问题,而是确定怎样在一个组织中运用工艺的问题。在战时大量实际运用之后,这些科学家得出结论:他们事实上是在一个新领域中工作,他们把这个新领域叫作"运筹学"。他们说,这个新领域的宗旨是要为行政决策提供一个科学根据。第二次世界大战结束不久,在英美两国都成立了运筹学会。

1953年由美国运筹学会衍生出管理科学研究会。1955年"Management Science"创刊,管理科学才成为专有名词。其复数形式表明管理科学是科学群,而单数形式则表明对管理知识统一体的追求。美国管理科学研究会会章上声言"本会的目的在于识别、发展、统一对于了解与实行管理有贡献的所有科学知识",就是这个意思。可见,管理科学是从运筹学中分离出来,是同运筹学有着密切联系的交叉科学。

1954年钱学森的学生郑哲敏博士回国前向他告别时,钱学森要郑哲敏带话给钱伟长先生,他说运筹学对于一个有计划、按比例发展的社会主义国家特别重要,希望钱伟长先生能积极宣传运筹学,引起国内的重视,推广运筹学在国民经济的组织管理中发挥作用。1955年9月,钱学森在回国的轮船上结识了许国志先生,他们在讨论新兴学科运筹学的时候,认识到运筹学在组织管理中将会发挥重要的作用,随后在新建的中国科学院力学研究所成立了我国第一个运筹学研究室。

钱学森等人引入运筹学的目的,在于使它能为我国社会主义经济建设与国防建设服务,使计划的制定与运转能够建立在科学的定量分析的基础上。1957年钱学森在《论技术科学》一文中指出,"把社会科学从量的侧面来精确化","精确化了的政治经济学就能够把国民经济规划的更好,更正确"。在钱学森的影响下,许国志、刘源张、王毓云、桂湘云等联系实际问题进行管理科学研究,同时也编写了小册子来普及介绍运筹学。当时的研究主要集中在线性规划、质量控制和投入产出法等运筹学分支方面。

多数运筹学的学者认为,从国际上学术界的运筹工作的广度和深度看,运筹学作为一门独立学科出现,还是从20世纪60年代开始的。我国的运筹学研究工作,是由钱学森引入并亲自开创的。钱学森在西方运筹学发展的初期就将它引入我国,为我国运筹学和管理科学的发展作出了重大贡献。因为有了这样快速的引进,我国运筹学的发展与西方比较,可以说差不多是同步的。目前我国运筹学工作的队伍规模比西方国家的规模大,在研究工作方面我国也有不少成果处于国际前沿。

从运筹学成为一门独立学科之后，运筹学的研究内容已经经历过重大变化。可以这样认为，运筹学是随着整个科学技术的进步而不断进行自身的进化。尤其因为它具有多学科、跨学科的特点，它的进化呈现出这样的特点：它在新科学或新技术中找到新的生长点，它从其应用背景的新需要中得到其扩展研究领域的推动力，它随着新的硬件工具或装置的出现得到了其扩展研究领域的基础。运筹学的研究核心是决策，而决策是人类智能活动的高级形式。因此，运筹学的发展无疑将与智能科学的发展密切相关。

二、创建了我国早期管理科学研究机构

1956 年钱学森在中科院创立力学研究所之初，就设立了运筹学组，这是我国第一个运筹学研究机构，1958 年扩充为运筹学研究室，许国志、刘源张、王毓云、桂湘云等在这个研究室工作，清华大学周华章也参与其中。人员结构为 3 个搞数学的、3 个搞经济和管理的、3 个搞物理与技术的，相互协作。该室把在国民经济计划的制定中应用运筹学作为一个重要方向。

1958 年中科院数学研究所也成立了一个运筹学研究室。1960 年中科院将两个运筹学研究室整合为一个新的运筹学研究室归数学所。积极推动在经济管理实践中应用运筹学的理论和方法，推广数量管理，并在纺织、电信、建筑、交通、医药等行业取得了比较好的成效。

1958 年 8 月，钱学森在国防部第五研究院创建了作战研究处，这是我国第一个军事运筹学研究机构，也是我国最早的一批运筹学研究机构之一。鉴于军事运筹学在整个管理科学中的独特地位，该处的工作对我国管理科学的全方位发展特别有意义。

刘源张院士被誉为“中国质量管理之父”，然而 1956 年在刘源张博士归国之际，钱学森两次致信邀请刘源张来中科院力学研究所工作，为他开创中国的“全面质量管理”事业创造了良好的条件，支持他开展质量控制研究。

钱学森创立的中科院力学研究所的运筹学研究室和国防部第五研究院的作战研究处都是我国管理科学研究机构的开端，对我国的管理科学研究产生了广泛的影响。

20 世纪 50 年代以后，刚刚建立的新中国，百废待兴、百业待举，以钱学森为代表的中国科学家们，已经敏锐地注意到中国推行科学管理的重要意义。他们积极吸收当时世界上先进的西方管理科学成果，在理论上有所创新和发展，在实践中大力推广应用。这些工作为后来我国管理科学的发展奠定了基础，成为我国管理科学的直接渊源，标志着中国管理科学在 20 世纪 50 年代已经起步。

三、现代管理科学要用科学的方法论和先进的科学手段，推广航天系统工程

钱学森不仅是一位著名的工程大师，同时也一位具有精深的马克思主义哲学修养的理论家，他能够从辩证唯物主义哲学的高度来看待方法与工具的问题。在上世纪 60 年代他就提出，要用科学的方法论及先进的科学手段来进行管理。特别是电子计算机和可靠性技术，对当时绝大多数工程技术人员还是十分陌生的东西，他能提出这样振聋发聩

的见解，不禁令人肃然起敬。他说："计划管理工作要用科学的计算，使用电子计算机，提高计划的科学性、准确性，这包括引用博弈论。在这个方法中，我们的对方是：自然条件的变化；技术上的未知因素；阶级敌人的可能干扰；我们自己可能犯的错误，这些都是随机性的东西。当然我们不是机械唯物论者。'局面'（即博弈的矩阵）是可以因我们的主观努力，即巧妙安排而改变的。因此在我们国家里，这门学问还应该有更新的、更丰富的内容，即如何利用客观规律来改变'局面'，使之对我们的社会主义建设更有利。"

1956年，我国开始实施航天计划，发展火箭导弹技术。钱学森发展了他早年从事喷气推进技术研究的成果，与其他科技人员、管理工作者一起，借鉴苏联航空技术发展中设立总体设计部的经验，把它同我国行政组织管理和实际结合起来，初步形成了一套现在称为航天系统工程组织管理的管理方法。其间，钱学森预见到运筹学不应局限于研究既有武器的运用问题，更重要的是研究未来武器的规划及运用，因此，他开辟了将运筹学运用于我国未来武器的规划这一研究方向，这"是我国国防系统分析研究工作的起源"。（王寿云《对钱学森同志系统科学思想的一点理解》，《系统工程理论与实践》，1992年第5期）钱学森后来将这些方法提炼成为航天系统工程理论。航天系统工程理论的研究，不仅为我国火箭导弹技术的发展作出了贡献，而且对我国管理科学的发展具有重要意义。

四、开创系统管理思想

20世纪70年代后期，经过长期的实践和酝酿，钱学森提出了系统工程和系统管理思想，他把系统工程与运筹学、控制论与管理科学等统一了起来，认为这都是组织管理的技术，并统一成一个名称：系统工程。

1978年春，钱学森在北京、成都、昆明、长沙发表了一系列讲演。这些讲演的主要观点，后来集中在钱学森、许国志、王寿云3人合写的重要文章《组织管理的技术——系统工程》，于1978年9月27日在《文汇报》以一个半版面上公开发表，在全国产生了很大的影响，引起了广大管理科学研究人员的普遍重视。《组织管理的技术——系统工程》一文，就其理论性而言，标志着中国管理科学研究迈出了创立系统的中国管理科学的关键一步。就其对此后中国管理科学的发展和深刻影响而言，这篇文章确定的基本观点，至今也是我国管理科学发展的基本思想。回顾新中国建立以来管理科学发展的历程，完全可以说，《组织管理的技术——系统工程》一文，是中国学者由学习、应用外国管理科学理论和方法，并作出一系列具体创新，探索创新中国的管理科学之路，走向全面创新并作出突出性贡献的一个里程碑。该文着重阐述了两个方面的内容。

首先是系统工程与组织管理。钱学森等人总结了我国20多年来发展国防尖端技术的管理实践——总体设计部管理工作的实践，文中指出："总体设计部的实践，体现了一种科学方法，这种方法就是'系统工程'（systems engineering）。"然而，这只表明在国防尖端技术研究的管理实践中，系统工程的应用是必要的并且是有效的，并不能保证系统工程同样能够有效地用于解决其他方面的管理问题。那么，系统工程能否在企业管理、国家宏观经济管理等方面发挥作用呢？今天我们回过头来看，答案是显而易见的，但在当

时，却远未如此明朗。

《组织管理的技术——系统工程》一文的重要意义之一，在于预测到系统工程在各类管理活动中的普遍适用性，并给出了令人信服的理论论证。该文抓住任何管理活动都共同指向的对象——系统，指出："'系统工程'是组织管理'系统'的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法。"这样就可以很自然地得出一个结论："系统工程不仅仅是'一门'组织管理的技术，而且是各门组织管理的技术的总称。"指出并论证系统工程对各类管理活动的普遍适用性，这就明确了研究和发展系统工程的重大意义。

第二是阐明了运筹学与系统工程的关系。这是一个长期困扰国际管理科学界的重大理论问题（Lesourne Jacoues. From Operation Research to Systems Analysis A Change in Vocabulary or a New Comceptual Framework OR81, North-Holland Publishing Company, 1981. 11～13）国外往往把复杂系统工程的工程工作和大型企业组织的经营管理工作合在一起叫"运筹学"，这样就混淆了习惯意义上的工程技术（如土木工程、化学工程、电子工程、机械工程、电力工程、水利工程等）与管理意义上的工程技术的区别。钱学森等人在《组织管理的技术——系统工程》一文中明确区分了这两大类工程技术，指出系统工程是涉及组织管理的一系列工程技术的总类名称，它包括工程系统工程（研究工程体系的管理）、经济系统工程（研究企业或企业系统的管理）、行政系统工程（研究国家机关行政办公的管理）、科学研究系统工程（研究科学技术研究工作的管理）、军事系统工程（研究军事工作的组织指挥）、后勤系统工程（研究后勤工作的组织指挥）、资料库系统工程（研究档案资料的管理）、质量保障系统工程（研究产品质量的管理）等。两大类工程技术的区分是弄清运筹学与系统工程之间的关系的第一步。钱学森等人又进一步提出并区分了"物理"与"事理"两个概念。他们认为，一般意义上的工程技术，其理论基础是数学、物理、化学、天文学、地学和生物学这些基础科学，基础科学研究的是物质运动的"物理"问题。研究"事理"的科学则是指运筹学，运筹学就是管理意义上的工程技术（各门系统工程）的基础，这就比较好地解决了运筹学与系统工程的关系问题。

世所公认，钱学森是中国系统科学和系统工程的开创者。"从 1980 年以来一直处于中国管理科学的龙头地位，是中国管理科学研究的主流。从某种意义上说，正是系统工程、系统科学、系统管理的研究，带动了中国管理科学整体水平的提高。"（许康、劳汉生著，《中国管理科学化的历程》，湖南科学技术出版社，2001 年）。

五、推广现代管理科学新学科

随着改革开放，国门打开，我国吸收和引进了大量西方管理科学新理论，新方法，并在实践中得到改进与发展。在大规模吸收与消化西方先进的管理方法时期，钱学森是积极的倡导者和推动者之一，在钱学森的推动下发展势头强劲。有关钱学森对管理科学方面的贡献我们在后面设有若干专章介绍，下面只是简要介绍几个钱学森推广现代管理科学的片段。

1. 探索经济数学（数量经济学）方法

中国的数量经济学（quantitative economics）有别于西方的数理经济学，它包括了数理

经济学、经济计量学、投入产出原理、经济预测、决策学和经济最优化理论等学科。1957年，苏联经济学家涅姆钦诺夫到中国访问了经济研究所，促进了中国经济和管理学界对经济数学的认识。1958年，中共中央宣传部在子明堂召开了一次自然科学和经济科学的联席会议，钱学森应邀在会上向与会的众多经济学家们介绍了现代科学技术新发展，特别是现代数学在经济科学和管理中的应用，对中国数量经济学的研究和发展起了很好的推动作用。参加会议的著名经济学家孙冶方先生，20年后在给钱学森的一封长信中还专门记述了当时的情况，称赞钱学森的这一学术思想。

2. 控制论

20世纪50年代，钱学森开创了"工程控制论"。几十年来在钱学森的引导下，我国不仅在控制论领域取得了大量成果，而且还培养出一批优秀的控制理论专家。20世纪70年代末，在钱学森和乌家培等人的大力倡导下，又将"经济控制论"思想引入我国。控制论思想用于社会、经济研究日益广泛，目前对经济控制的应用和理论研究广泛深入地开展起来，尤其是在人口控制、宏观经济分析决策、油田产量预报和诸如最优积累率控制等经济分析中的应用成果令人瞩目。

2. 科学学

1977年以后，科技管理受到国家高度重视，导致了科学学在中国的大发展。中国科学学的兴起的直接背景是1978年的全国科学大会。在这次大会之前，即1977年11月钱学森连续两个上午到中央党校作了题为《关于如何发展我国科学》的报告，提出要发展"科学的科学"。钱学森的观点传到正在召开的全国科学规划会议上，引起争论，有人认为"科学的科学"就是黑格尔的"自然哲学"，也有人则认为是贝尔纳（GJ. D. Bernal）所用"science of science"的直译。1977年12月9日《人民日报》又发表了钱学森的《现代科学技术》的长篇文章，这篇文章在我国科技界产生了很大影响，钱学森反复强调了科学技术的发展是一场伟大的革命，而马克思主义唯物辩证法，是指导这场革命的唯一正确的科学理论。这对于我国的科学技术事业，具有重大的指导意义。该文为我国"科学的科学"的研究发展奠定了基础。后来，为避免误解，有的学者建议取名为"科学学"。这样作为一个学科的名称，"科学学"在中国开始被普遍接受。

1978年3月的全国科学大会之后，科学学迅速在我国兴起。1979年7月召开了全国第一次科学学学术讨论会，这是我国科学管理发展史上的一个里程碑，它标志着科学学在中国的正式诞生。1982年6月，来自全国29个省市、中央部门、高等院校的124位中国科学学界的代表在安徽集会，中国科学学与科技政策研究会正式成立。钱学森和童大林被推选为顾问。

3. 领导科学

科学的本质是对规律的正确认识、把握和运用。自觉地从规律层面把握和解决领导问题，是领导科学化的本质体现和必然要求。出于对"文化大革命"领导行为和非理性思维的反思，20世纪70年代末钱学森率先提出"领导科学"问题。他在《自然辩证法、思维科学和人的潜力》一文中指出："领导的学问也处于从领导艺术转化为领导科学的过程中。"从管理科学的角度讲，管理者必须遵循一些基本的原理和法则。在钱学森的倡导

下,从1980年开始,一大批社会科学工作者先后加入到领导科学研究与宣传的热潮中,发表文章、出版著作。1982年10月,中共中央、国务院作出《关于中央党政机关干部教育工作的决定》,明确提出要重视学习“科学的领导方法和工作方法”,干部培训课程要“适当增加领导科学”。这一决定,表明党和政府对领导科学这个崭新学科的肯定。

1985年3月20日,钱学森应中国人民解放军总参谋长杨得志的邀请,为总参谋部举办的“领导科学研究班”讲了第一课,题目是:《关于现代领导科学与艺术的几个问题》。钱学森主要讲了3个方面的问题:领导科学的历史由来,领导工作是个体系和现代领导人才的培养。参加这期研究班的学员有师以上领导200多人。总参以钱学森为主编出版了这次在研究班上的全部讲稿——《现代领导科学与艺术》一书。在我国产生了很大影响。

20多年来,领导科学总结古今中外领导实践经验,提出一个又一个领导科学的新概念、新范畴、新见解、新思路,努力探索领导管理科学化、法制化、规范化和创造性的道路。

我们还是用钱学森对21世纪管理科学的展望作为本章的结束语吧。钱学森认为,技术革命以及它所引发的产业革命,对组织管理问题提出了更高的要求。形象地说,这犹如随着硬件的革新,计算机技术的发展,必须有相应的软件跟上才行。系统科学是本世纪中叶兴起的一场科学革命,而系统工程的实践又将引起一场技术革命,这场科学和技术革命在21世纪必将促发组织管理的革命。

第四十一章 开拓中国的系统工程

在控制论科学理论和应用领域取得巨大成就的同时，信息技术和系统科学并驾齐驱，出现了相互渗透和融合的趋势，应用范围从工程领域延伸到工程管理系统，形成了“系统工程”的科学概念和方法。钱学森由于所承担的工作性质和长期的工作经历而敏锐地注意到这种态势。早在世界上第一本关于系统工程的著作出现以前，他在加州理工学院喷气推进实验室（JPL）工作时就注意到运筹学的发展和意义，并且是我国科技界公认的系统工程理论与应用方面的奠基人和倡导者。

一、从推广运筹学到开拓系统工程

尽管运筹学创立已60多年，关于它的科学性质、与系统工程的关系等问题，在它的发源地英、美等国仍然存在许多混乱认识，但在中国关于运筹学与系统工程的研究，却形成极具中国特色的、受到世界系统科学界关注的学科。

系统工程研究的问题，概括起来不外是两个方面：一是工程技术系统，二是社会经济系统。各类系统工程的共同的理论基础是运筹学，目的是实现各类系统的组织管理技术。1954年9月，钱学森在送别留学加州理工学院的郑哲敏回国时，作为导师的钱学森特别叮嘱他回国后“要极力宣传”运筹学，并说“一个社会主义国家，在如何进行科学管理，加强计划性方面，运筹学起着重要作用。”这表明，回国之前的钱学森在研究控制论的同时也密切关注着运筹学，对这门在美国也是刚刚开始研究的新学科的性质、功能、成功应用的社会条件等已有深刻的理解，开始考虑如何把运筹学带回祖国的问题。从本书第77章来看，钱学森没有发表过关于运筹学具体内容的专门论著，他对中国运筹学的贡献，首先在于宣传推广和组织运筹学的研究和应用。

根据他的倡议，1956 年在中国科学院力学研究所成立了由许国志同志主持的运筹学研究组，后来扩大为研究室。该室的一些研究设想对我国系统工程的发展起到了积极作用。在他的主持下，20 世纪 50 年代后期在国防部第五研究院成立了作战运筹研究室。1961 年，在中国科学院数学研究所成立了由关肇直和宋健同志主持的控制论研究室。后来 30 多年发展的实践充分证明了这些措施的正确性和远见性。中国运筹学能有今天的成就，与钱学森的大力推动分不开，此乃学术界公认的事实。

20 世纪 60 年代初在钱学森的直接领导下，国防部第五研究院建立了总体设计部，按系统工程的方法组织实施火箭、导弹、卫星等复杂系统的论证、研制、试验和交付工作。正如他在后来总结的那样：系统工程是组织管理"系统"的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对所有"系统"都有普遍意义的科学方法。我国国防尖端事业技术的实践，已经证明了这一方法的科学性。

早在 20 世纪 70 年代后期，钱学森就认为："系统工程可以解决的问题涉及改造自然，改造、提高社会生产力，改造、提高国防力量，改造各种社会活动，直到改造我们国家的行政、法治等等；一句话，系统工程涉及整个社会。所以我们面临由于系统工程而引起的社会变革绝不亚于大约 120 多年前的那一次：那是因为自然科学的发展壮大，从而创立了科学的工程技术，即把千百年来人类改造自然的手艺上升到有理论的科学，由此爆发了一场大变革。系统工程是一项伟大的创新，整个社会面貌将会有一个大改变。"(《论系统工程》184 页)

钱学森在系统工程理论上的成就，是以他长期的系统工程实践为基础的。在开创和发展我国导弹和航天事业的过程中，钱学森不仅成功地运用了工程系统工程，而且又提炼成一般系统工程。1978 年，他和许国志、王寿云在《文汇报》上发表的《组织管理的科学——系统工程》一文明确指出："系统工程是组织管理系统的技术，是对所有系统都适用的技术。"提出了利用系统思想把运筹学和管理科学统一起来的见解，迅速产生了强烈的反响，这篇文章对系统工程在我国的推广和应用，起到了很大的作用，这是在我国推广应用系统工程出现了新局面的标志。从那以后，系统工程的应用范围越来越广泛，所处理的系统也越来越复杂。

善于从整体上把握事物，善于用哲理眼光审视科学研究，使钱学森比一般运筹学家更易于洞察运筹研究的深层本质。如上一章谈到的，钱学森等人还提出"事理"这个崭新的科学概念，科学上第一次区分了物理和事理。物理即物质运动的规律，事理即人们办成办好事情的规律。物有物理，事有事理。运筹属于事理，运筹学属于有关事理的科学，运筹学是办事的理论。系统工程是办事的技术。这就透彻地揭示出运筹学区别于自然科学，系统工程区别于传统工程的重要特征。这些新的概念和观点应是 20 世纪 70 年代以来钱学森对运筹学最重要的贡献，比提出某些具体算法更有长远的价值。

经过进一步研究，钱学森给出界定："运筹学，那是在一定外部规范及信息条件下，使系统取得最佳运行的学问。""事理学，那是专门研究系统内部各种运行的条件和法律、法规，目的是使系统运行优化。"又说："运筹学和事理学都是利用环境以求最佳效益，不同之处在于运筹学是即时效益而事理学是长时期的效益。对一个系统的多次运筹考虑后

也自然会发现事理学性质的启示。”虽然这些见解还是初步的，有待深入分析论证，但无疑是新颖独到的，极有开发价值。

近年来，让系统科学界最为兴奋的是，许多政治家开始广泛地应用系统科学的概念、理论方法和语言去处理社会问题。每当遇到复杂的问题时，政治家们乃至一般的领导干部们都会说，这是一个复杂的系统工程问题，应该用系统的观点和方法进行分析和解决。系统工程的概念和科学方法能广泛进入中国社会，钱学森起了非常重要的推动作用。这一形势激励着系统科学家们振奋精神，坚持探索，迎接新的挑战。

二、钱学森点燃系统工程的燎原之火

从 1978 年春天开始，为了让更多的人了解系统工程，钱学森、关肇直、许国志、宋健、张钟俊、钱伟长、顾基发等都亲自参与了系统工程的普及工作。其中影响较大的有：1980 年，中央人民广播电台举办的“管理科学知识讲座”；1980 年 10 月到 1981 年 1 月，中国科学技术协会、中央电视台、中国系统工程学会、中国自动化学会 4 个机构联合举办的 45 讲“系统工程电视讲座”发行讲义 16 万余册。钱学森不仅是这些讲座的主要推动者和组织者，也是主要主讲人，每次讲座开播，他都担当第一主讲人。为系统工程的普及和推广、培养人才，推动系统工程在各个领域的广泛应用发挥了不可替代的作用。

1979 年 10 月 11—17 日，钱学森在北京京西宾馆主持召开了“系统工程学术讨论会”，受到国务院、中央军委领导的重视。王震副总理、军委耿飙秘书长出席开幕式，国防部长张爱萍、副总参某长李达等到会讲话。中国科学院，中国社会科学院，教育部，一、二、三、四、五、六、七、八机部，总参，总后，军事科学院，军事学院，国防科委和军兵种的 150 名代表，参加了会议。17 日上午，钱学森在闭幕式上作了题为《大力发展系统工程尽早建立系统科学的体系》的重要报告。这个报告提出了我国发展系统工程和系统科学的基本路径。这次会上由钱学森、关肇直、李国平、宋健、薛葆鼎、许国志、张钟俊等 21 位知名科学家联合向中国科协倡议成立中国系统工程学会，并成立了中国系统工程学会筹委会。

1979 年，钱学森又在《光明日报》上撰文呼吁尽早建立系统科学体系，并相继在《自然杂志》、《系统工程理论与实践》上多次介绍系统思想和系统工程理论知识。

1978—1980 年，对中国系统工程来说是特别值得纪念的 3 个年头。在钱学森的大力倡导和影响下，从 1978 年开始，西安交通大学、清华大学等重点院校招收了第一批系统工程专业硕士研究生，随后一批高等院校也相继设立系统工程的本科专业正式招生。1979 年 10 月经国务院批准，在中国科学院筹建了系统科学研究所，这是我国一个影响广泛的系统科学研究权威机构。系统科学研究所设有控制理论研究室、数理统计研究室、运筹数学研究室、运筹管理研究室、数学物理研究室、基础数学研究室、数学经济研究室、系统分析与控制研究室、数学机械化研究中心等 9 个分之机构。1979 年 10 月“北京系统工程学术研讨会”之后，经过一年多时间的筹备，期间开过多次会议，1980 年 11 月 18 日至 22 日在北京召开了中国系统工程学会成立大会，来自全国 13 个省、市 85 个单位的 118 名代表出席了大会。国防科委副主任钱学森、中央军委顾问李达、中国科协副主席刘

述周、海军政委李文耀、海军副司令员杨国宇、空军副司令员曹里怀、总后副部长张汝光、装甲兵副司令员沙风、国防工办副主任邹家华、一机部副部长孙友余、二机部副部长姜圣阶、四机部副部长蒋崇景、北京市科协副主席田夫、武汉大学副校长李国平,以及薛暮桥、张劲夫、汪道涵、关肇直、马洪、吴文俊、宋健、薛葆鼎、许国志、张钟俊等有关领导和著名专家出席或参与了学会成立活动。中国系统工程学会第一届理事会共有117位理事,会议一致推举钱学森、薛暮桥为名誉理事长,关肇直为理事长,刘豹、李国平、宋健、陈廷、薛葆鼎为副理事长,许国志为秘书长。从此揭开了中国系统科学和系统工程发展的新篇章。

从中国系统工程学会成立的阵势来看,不难预测它的发展,在以后短短的几年间系统工程在我国飞速发展起来。首先,在组织建设上,系统工程学会成立了16个专业委员会:军事系统工程委员会、系统理论委员会、社会经济系统工程委员会、模糊数学与模糊系统委员会、农业系统工程委员会、教育系统工程委员会、信息系统工程委员会、科技系统工程委员会、交通运输系统工程委员会、决策科学委员会、草业系统工程委员会、林业系统工程委员会、过程系统工程委员会、人-机-环境系统工程委员会、系统动力学委员会、医药卫生系统工程委员会;一个专业组:法制系统工程学组。此外,还设置了教育与普及、学术、编辑出版、国际学术交流、青年工作委员会,一个学会办公室和咨询服务中心。全国已建立省、市、地级学会39个,其中省、市、自治区级系统工程学会19个,中心城市、地区级系统工程学会20个,发展了160多个团体会员和1.1万名个人会员。

完全可以说,在20世纪70年代末到80年代初,由钱学森在中国大地上点燃了一场系统工程的燎原之火。掀起了世界注目的"中国系统工程热"。

现在国内公开发行的系统工程及相关学术刊物15种。有两项活动是需要特别提到的:一是1995年出版了《中国系统工程学会成立十五周年纪念特辑》,全面回顾了我国开展系统工程的灿烂历程,收录了重要文献,介绍了学术交流、国际交往、组织概况和表彰与奖励情况,并附有大事记。这本300多页的特辑,实际上是一部中国系统工程史。从中可以看到钱学森在推动我国系统工程过程中所发挥的特殊作用和杰出的贡献。另一项是,1996年12月,在北京举行的"钱学森系统科学与系统工程学术思想讨论会",到会代表90多人,会议就钱学森系统科学与系统工程学术思想的由来和发展以及他在理论与应用发展方面所作的贡献进行了研讨,宋健院士、罗沛霖院士、许国志院士、成思危副委员长、王寿云将军、于景元研究员等作大会发言,同时,配合会议为祝贺钱学森85岁寿辰,出版了论文集《系统研究》和《开放的复杂巨系统》两书。

三、构建了系统工程科学体系

钱学森不仅将我国航天系统工程的实践提炼成航天系统工程理论,并且在20世纪80年代初大胆提出国民经济建设总体设计部的概念,还坚持致力于将航天系统工程概念推广应用到整个国家和国民经济建设中,倡导并发展了军事系统工程、社会系统工程、农业系统工程、地理系统工程等。

系统工程是一门科学,它有一套处理系统问题的科学方法,而且具有广阔的适用范

围。只要能构成一个完正的系统，就可以用系统工程这门工程技术去处理。正因为如此，系统工程这门科学可以处理各种专业的特有学科为基础系统的专业问题，而分别有各种系统工程（如表41－1）。

表41－1　系统工程分类表

序号	系统工程的专业	专业的特有学科基础
1	工程系统工程	工程设计
2	科研系统工程	科学学
3	企业系统工程	生产力经济学
4	信息系统工程	信息学情报学
5	军事系统工程	军事科学
6	经济系统工程	政治、技术经济学
7	环境系统工程	环境科学
8	教育系统工程	教育学
9	社会系统工程	社会学、未来学
10	计量系统工程	计量学
11	标准系统工程	标准学
12	农业系统工程	农业科学
13	行政系统工程	行政学
14	法制系统工程	法学
⋮	⋮	⋮

四、系统工程的主要应用成果

20多年来，系统工程在我国国民经济建设和管理中大有作为，无论在宏观战略还是微观分析应用方面，同样成绩斐然。从某种意义上讲这其中钱学森作出了很大的贡献。

1. 人口系统研究

从20世纪70年代末开始，在宋健同志领导下，一批系统工程专家开辟了“人口系统定量研究及其应用”的领域。他们在人口动态特征稳定性、人口理想结构、人口预测和最优控制、优化控制生育率、人口系统能控线性理论、人口系统的分布参数理论等方面作出了卓越的成就，得出一系列现在已被全世界的人口学家接受的具有普遍性的结论。他们于1980年第一次公布了我国人口增长趋势预测的报告，为政府制定人口政策、人口规划提供了定量的科学依据，如我国一对夫妇只生一个孩子的计划生育国策就是受这一研究的影响而出台的。这项研究成果获1987年国家科技进步一等奖。

2.“2000年的中国”

课题是国家重点研究项目，该课题由国务院经济技术社会发展研究中心牵头，从

1983年起，组织了100多个单位，400多位专家，历时3年，于1985年5月完成。这一课题运用各种系统工程方法，处理了数以万计的数据。课题研究的目的是为党中央、国务院决策和制定政策，为各地区、各行业及各项事业制定发展规划，提供有科学依据的参考资料，许多结论性的政策建议已为《中共中央关于第七个五年计划的建议》所采纳。1988年，“2000年的中国”获国家科技进步一等奖。

3. 农业系统工程

从1980年开始，中国系统工程学会的农业系统工程委员会在县级单位应用系统工程进行总体规划方面作了大量的工作。据统计，到1989年底，我国已有500多个省、市、区、县利用系统工程制定了农业发展的此类规划，建立了一批不同地区、不同类型的发展模式。并取得了明显的社会、经济、生态效益。

4. 宏观经济和产业结构研究

从20世纪80年代初开始，我国一批系统工程工作者围绕经济体制改革和产业结构调整进行了系统研究。采用各种建模方法，建立了包括生产、消费、投资、财政、金融、价格、工资、税收、利率、外贸等大型经济系统模型体系。对经济体制改革政策进行计算机仿真和政策模拟，为中央和有关部门的决策提供了重要的依据，受到中央领导的高度评价，在这方面的研究获国家科技进步三等奖。

5. 中国能源与水资源问题研究

从1980年起，我国一批系统工程工作者就十分关注我国的能源问题，并研究了全国和地区的能源规划。对全国能源供应与需求进行预测研究，提出我国2000年供应与需求的报告。比较早地提出了我国国民经济翻两番，而能源供应至多可以翻一番的预警报告，为中共中央决策提供了重要依据，前几年完成了2010年能源预测研究工作，最近又完成了2020年能源预测研究工作。此外，还进行过能源综合平衡优化模型、建立能源数据库等方面的工作。

从1978年至今以水电部为主部署了大量的水资源研究课题，系统地研究了水资源开发的理论与应用，防洪、灌溉、除涝排水，水力发电，环境水利，大型水利工程的优化、规划、设计施工和运行管理、水电水库优化调度、水源不足、地表与地下水的配置等方面的问题，取得约500项成果。

6. 人才和教育规划

1982年底，国务院提出制定全国人才规划，委托国家计委、教育部、劳动人事部等单位牵头负责这项研究。教育部组织系统工程专家，用系统工程方法进行规划、设计、分析、建模，提出了一套包括普教、高教和成人教育的仿真教育规划模型。人才预测和人才规划这项庞大的系统工程，动员了全国83个部、委和省、市、区几十万人参加了专门人才普查，使用基础数据900万个，建立了人才数据和规划方案，研究成果已被教育部采用。作为重要参考依据，经过实践检验，成果是可行的。此外，教育系统工程还对我国教育发展战略、教育评估、教育管理等方面进行了许多研究。

7. 区域发展战略

1982年前后，我国开始利用系统工程制定区域发展战略，并相继在湖南、北京、安徽等

省取得一批研究成果，出版了一批专著。1986 年，中国系统工程学会受中国科协委托，与山西省科技协会及 11 个兄弟学会对吕梁地区进行经济发展考察论证，经过 5 年的实施，吕梁地区的经济得到长足发展，该项目获中国科协 1991 年首届优秀建议奖一等奖。更大范围的应用还有黄淮海地区、三江平原、洞庭湖地区等都取得了实际经济效益和社会效益，其中王毓云等人完成的项目——黄淮海地区资源最优配置，获中国科学院科技进步特等奖。

8. 军事系统工程

中国人民解放军总参谋部装备部组织成立反坦克武器系统工程试点组，系统地展开反坦克武器系统分析，以后又对作战模拟，武器论证和使用、后勤保障、人防国防工程、国防发展战略展开应用研究。其中以作战模拟的应用最具规模，从战术、战役到战略，从分队级、师团级到集团军级，从单兵种到多兵种，其成果达到国际先进水平。建模技术应用方面，用蒙特卡洛（Monta Carlo）方法建立随机模型，用兰彻斯特（F. W. Lanchester）方程建立确定性模型，图形显示技术，C^3I 系统技术的应用成果也比较理想，据初步统计，已建立各类军事应用模型 100 多个，其中通过专家鉴定并获奖的约占 1/3。

9. 政策系统分析

我国系统工程工作者，通过系统分析国民经济的历史、现状和发展趋势，对我国各项经济政策的制定提供了科学依据（详见中国系统工程学会：《系统工程应用案例集》，科学出版社）

五、中国系统工程学展望

大系统是系统工程发展的一个新阶段，大系统的理论和实践，主要是研究解决系统工程中关于事物发展过程的定量描述、模拟、预测和控制的问题。

1990 年在中国北京成功地举办了第十一届亚运会。北京亚运会从 1982 年起申办，历时 8 年，投入资金 21.37 亿元。参与人数众多，活动规模庞大，工程建筑任务繁重，组织结构层次交错。亚运会的圆满举办，是 20 世纪 80—90 年代系统工程成功应用的又一案例。按照钱学森的系统科学和系统工程的思想，今后系统工程在应用规模、领域及水平等诸方面将会更加广泛深入地推进。整个应用必须继续针对现有的国情、世情，围绕着影响社会的持续发展的几个主要方面展开。在应用规模方面将从大系统进入到巨系统，更多地研究全国性、区域性乃至全球性问题，比如研究全国的经济系统、能源系统、农业系统、交通系统、金融系统、以至参加一些诸如世界经济问题、能源问题、社会发展与环境、全球变化等世界规模性的系统研究。在应用领域方面，将扩展至人类活动的一切领域，特别是新技术和人们关心的热门课题，例如计算机集成制造系统（CIMS）、智能机器人、空间站、信息高速公路、遥感技术、虚拟技术等高新技术领域以及诸如全球变化、产业结构、环境问题、可持续发展等领域。在信息技术的支持下，政府或社会职能部门用系统工程方法和手段，对政治、经济、军事、教育、科技、人口卫生等大系统和巨系统定量地进行状态分析、态势预测、政策评价、方案决策、优化和仿真等，并成为各社会管理部门的广泛的工程实践。在应用方法方面将更加严格地遵循系统工程方法论，而且会结合不同领域专业的特点形成各具特色的方法论。目前已经出现的软系统方法论，就受到人们的重

视。各类专门系统工程结合各自的特点也会形成自己的方法论,自己的专门模型,自己的专用软件等。在使用的硬件工具方面,将更多地结合计算机和人工智能,以便充分利用人类的各种知识。将出现专家群体、统计数据和信息资料、计算机三者有机结合起来构成一个高度智能化的人-机交互系统,它具有综合集成各种知识,从感性上升到理性,而实现从定性到定量的功能。从组织方面,利用智囊组织对重大决策进行研究论证,将更多地以法规形式确定,而且许多部门、地区乃至中央政府将出现钱学森多年来一直倡导的用系统工程方法组织的总体设计部之类的机构。

钱学森提出的综合集成方法也将推动系统工程的发展。系统工程是组织管理系统的技术,它从系统整体出发,根据总体目标的需要,以系统方法为核心,综合运用有关科学理论方法,以计算机为工具,进行系统结构、环境与功能分析与综合,包括系统建模、仿真、分析、优化、运行与评估,以求得最好的或满意的系统方法并付诸实施。

直接为系统工程提供理论方法的有运筹学、控制论、信息论、系统学等,还有数学与计算机技术。由于实际系统不同,用到哪类系统上,还要用到与这个系统有关的科学理论、方法与技术。例如,用到社会系统上,就需要社会科学、人文科学方面的知识。从这些特点来看,系统工程不同于其他技术,这是一类综合性的整体技术,一种整体优化的定量技术,一门综合集成的系统技术,是从整体上研究和解决问题的科学方法。

当人们把系统工程用来组织管理复杂系统和复杂巨系统时,处理工程系统的方法不够用了,它已处理不了复杂系统、复杂巨系统的组织管理问题。在这种情况下,系统工程自身也要发展,由于有了综合集成方法,系统工程便可以用来组织管理复杂系统和复杂巨系统了,我们把这类系统工程称作复杂系统工程。

第四十二章 创建中国系统科学

2004年胡锦涛总书记两院院士大会说:"落实科学发展观,是一项系统工程,不仅涉及经济社会发展的方方面面,而且涉及经济活动、社会活动和自然界的复杂关系,涉及人与经济社会环境、自然环境的相互作用。这就需要我们采用系统科学的方法来分析、解决问题,从多因素、多层次、多方面入手研究经济社会发展和社会形态、自然形态的大系统……要把自然科学、人文科学、社会科学等方方面面的知识、方法、手段协调和集成起来,不断认识和把握社会发展的客观规律,对科学发展观进行周密的科学解释,为科学发展提供坚实的科学理论和基础。"创建系统科学这一章对理解胡锦涛总书记所说,"系统工程"、"系统科学"、"集成起来"的理论体系和实践价值有一定的参考作用。

赫尔曼·哈肯说:"系统科学和系统工程在当代中国科学中的地位至关重要,我在访问中国期间已觉察到这一点。在访问中,中国人思考和解决问题的方式一再给我留下深刻印象。我确信,这种思考方式将在全世界传播开来。"(许国志主编,《系统科学》,上海科技教育出版社,2000年)哈肯为许国志主编的《系统科学大辞典》写的序言中说:"系统科学的概念是中国学者较早提出来的。我认为这是很有意义的概括,并在理解和解释现代科学,推动其发展方面是十分重要的。""中国是充分认识到了系统科学巨大重要性的国家之一。"这个评价是实事求是的,这从我们国家、党中央、各级政府、科技界都能证明,我们中国人认识到了这一点。

创建中国系统科学是钱学森最重要的学术思想和成就之一。钱学森对系统科学工作的思考和研究可以追溯到1955年,从宣传和推广运筹学、系统工程,到提出建立系统科学大的科学技术部门,特别是

他首先提出创建系统科学的基础理论学科——系统学。

一、关于系统科学

系统科学(system science)是以系统为研究和应用对象的一个科学技术门类。如同自然科学、社会科学、数学科学一样,它是现代科学技术体系中一门新兴的科学技术体系。钱学森为建立和发展系统科学作出了重大贡献。中国人民大学教授苗东升在《系统科学原理》一书中以历史,代表著作(成果)和人物分析相统一的原则,对系统科学的3次综合作了概括性的讨论。苗东升教授认为,第一次综合是20世纪60年代前后由贝塔朗菲(代表人物)完成的,体现为关于系统的一般理论;第二次综合是20世纪70年代初由哈肯(代表人物)完成的,集中体现为协同学框架;第三次综合的努力始于20世纪80年代初,代表人物是钱学森,最终目的是要建立系统科学的基础理论科学——系统学。这三次综合不仅一脉相承,而且后来居上,将出现一种超越贝塔朗菲、哈肯等许多学者研究工作的理论范式。

20世纪60年代前后,为解决规模庞大的工程和科研项目管理的复杂问题,系统工程成功地运用于军事、空间技术等领域。20世纪70年代以后,系统工程得到迅速的发展,不断扩大应用领域,从组织管理领域、技术工程领域向社会经济领域,自然和社会结合的领域扩展渗透。系统的发展从硬工程系统到软工程系统,从微观分析到宏观战略,从简单系统到大系统、巨系统,直到开放的复杂巨系统。综观上述线索,这是一条从一组运算、控制、信息等技术科学群的延伸得到发展的。科学技术的发展是相辅相成的。系统科学的崛起的另一发展线是在基础科学领域,也就是在这同一时期,20世纪30年代以分子生物学为背景的贝塔朗菲的一般系统论的创立,以及近30年来的以数学、物理、化学、生物学等学科领域为背景的耗散结构论、超循环论、奇点与突变论、协同学、混沌学、数理科学中非线性分析、斯美尔-廖山涛的动力体系理论、数理经济、模糊系统理论,以至钱学森等人从系统工程实践中获得的复杂巨系统的概念和方法论等。这一系列与系统研究有关的一群分支学科的陆续诞生,丰富和发展了正在孕育着系统科学的基础科学——系统学。系统学是研究系统结构、演化、协同和控制的一般规律的科学。系统的概念、思想和方法及其普遍规律把这些不同领域学科的成就联系和统一起来,这就是系统科学产生的背景。

二、系统科学在中国的发展

钱学森对系统科学工作的思考和研究可以追溯到1955年。这一年的秋天,他和许国志院士一起把运筹学的"种子"从它的发源地美国带回祖国。钱学森认为,系统科学是从事物的部分与整体、局部与全局以及层次关系的角度来研究客观世界的(《创建系统学》,山西科学技术出版社,2001年)。能反映事物这个特性的最基本的概念是系统。系统是由一些互相关联、相互影响、相互作用的组织成部分所构成的具有某一功能的整体。这样定义的系统,在自然界、人类社会包括人自身是普遍存在的,这也就是为什么系统科学的理论、方法和技术具有广泛适用性的原因。

系统组成部分之间的相互联系、相互影响和相互作用是通过物质、能量和信息的传递来实现的。通常将是互相关联、相互影响、相互作用的组织成部分称为系统结构。一个系统以外的部分称为系统环境，系统和系统环境也是通过物质、能量和信息的输入、输出关系，互相关联、相互影响和相互作用。按照系统规模划分，可将系统分为小系统、大系统、巨系统三类；按照系统结构的复杂程度可将系统分为简单系统、简单巨系统、复杂系统、复杂巨系统，而以人为基本构成的社会系统，是最复杂的系统了，又称为特殊复杂巨系统。把这两类结合起来就是钱学森关于系统的一种完备分类（见图42－1）。

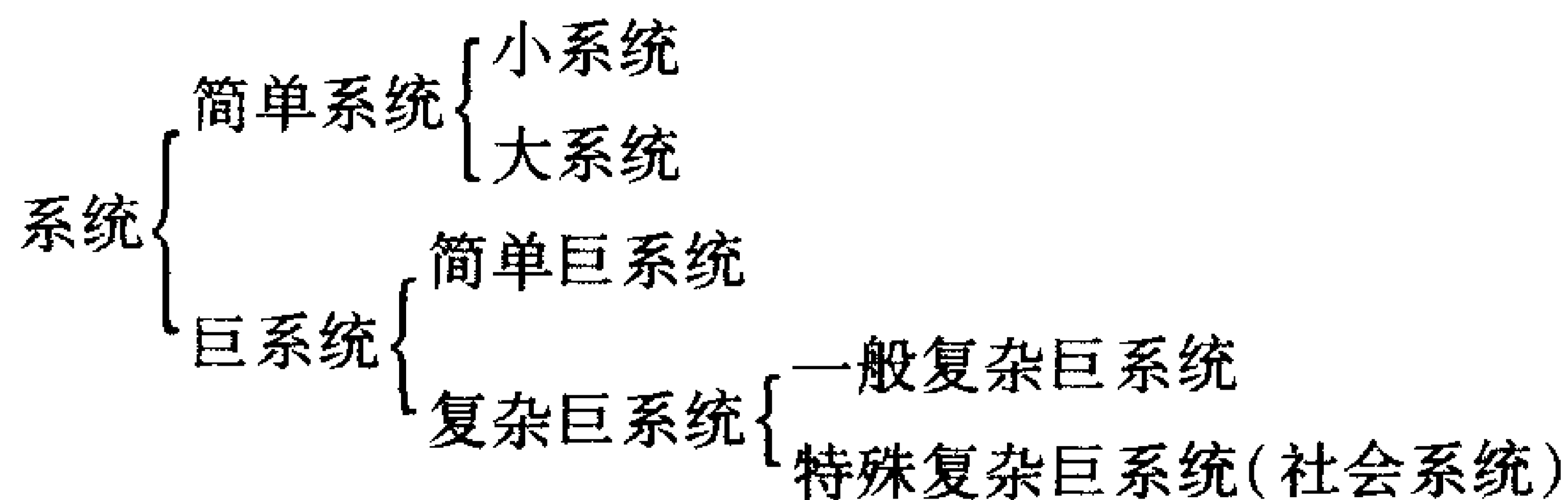


图42－1　系统的分类

系统的一个重要特点，就是系统在整体上具有其组成部分所没有的性质。这就是系统的整体性，也就是通常所说的“1＋1＞2”。系统整体性的外在表现就是系统功能。我们常说“三个臭皮匠顶个诸葛亮”。三个臭皮匠所组成的系统，整体上是诸葛亮水平，而它的组成部分却是臭皮匠水平，两者相差很大。

系统科学中有一条很重要的原理，就是系统结构和系统环境以及它们之间的关联关系决定了系统的整体性和功能。也就是说，系统的整体性与功能，是系统结构内部与外部环境综合集成的结果。从这个原理出发，为了使系统具有我们所希望的功能，特别是最好的功能，我们可以通过改变和调整系统结构与系统外部环境以及它们之间的关联关系来实现。系统环境通常不是我们想改变就能改变的，只能主动去适应，而系统结构却是我们能够改变、调整和设计的。通过改变系统组成部分或调整组成部分之间、层次结构之间以及与系统环境之间的关联关系，使它们相互协调，这样的系统才能具有我们满意的最好的功能，这就是系统控制、干预和组织管理的内涵、也是控制工程、系统工程所要实现的目标。

系统科学所体现的综合集成思想，就是把还原论思想和整体论思想结合起来的系统论思想。综合集成方法实际上是综合集成思想在方法论上的体现。运用综合集成方法建立起来的系统理论是综合集成理论。同样，以综合集成方法为主的复杂系统工程和社会系统工程，就是综合集成的系统技术。将系统理论和系统技术应用到改造客观世界实践中，这就是综合集成工程。这样，随着综合集成思想、理论、方法、技术和实践几个方面的发展，将为我国现代化建设事业提供坚实的科学支持。

1956年，钱学森创建了我国第一个运筹学研究组，并把这个研究组作为他负责组建的中国科学院力学研究所的组成部分。钱学森和许国志通过这个研究组开辟了运筹学面向我国社会主义经济建设的发展方向。作为一个有远见的科学家，他在当时已预见到运筹学不单要研究现有武器装备的运用，而且更要研究未来武器装备的规划与运用。他在国防部第五研究院创建了我国第一个军事运筹学研究机构——“作战研究处”，开辟了

运筹学面向我国武器装备规划、论证的一个发展方向。这可以说是我国国防系统分析研究工作的起源。

20世纪60年代以来,由于微电子和计算机技术迅猛发展和广泛普及,渗透到社会生产生活和科学技术的每一个角落,推动了与系统科学各相关学科的迅猛进步,各国很多科学家开始研究系统科学。20世纪70年代末到80年代初,在钱学森的倡导和推动下,对系统工程和系统科学的研究和应用在中国进入了一个新的高潮,除科学技术之外,在经济、军事、法律、教育等广泛领域的发展中都发挥了重要作用。钱学森密切注意着系统科学的发展,于1979年总结了系统科学的体系结构,阐明了它与马克思主义哲学和自然科学、社会科学的关系。他和他的合作者们广泛地研究了系统科学的结构、内涵、应用等方面的命题,指明了这门科学对中国现代化建设的重大现实意义和长远意义。

20世纪80年代中期以后,特别是20世纪90年代以来,系统工程和系统科学的重心已由宣传、普及、推广、单项应用转移到科学理论建设和更加全面、深入的应用上。从1978年春天开始,钱学森为促进运筹学、系统工程、系统分析在我国发展,作出了重要贡献。他先后在北京、成都、昆明、长沙发表了一系列学术演讲。这些演讲的主要见解,后来集中表达在1978年9月27日公开发表的论文《组织管理的技术——系统工程》中。有了系统分析、系统工程、控制论、运筹学和作战模拟,从现代科学技术的认识考虑,系统科学的概念就形成了。

钱学森对系统科学最重要的贡献,是他发展了系统科学和开放的复杂巨系统的方法论。1990年钱学森同于景元、戴汝为合作,在《自然杂志》13卷1期上发表了论文:《一个科学新领域——开放的复杂巨系统以及其方法论》。这篇论文是系统学发展的里程碑,它首次提出处理开放的复杂巨系统只能从定性到定量综合集成法。它是建立在科学理论、经验知识和专家判断力相结合的基础上,首先提出经验性假设(判断或猜想),而这些经验性假设不能用严谨的科学方式加以证明,往往是定性认识,但可用经验性数据和资料,以及几十、几百、上千个参数的模型对其确实性进行检测,这些模型也必须建立在经验和对系统的实际理解上,经过定量计算,通过反复对比,最后形成结论,这样的结论就是我们在现阶段认识客观事物所能达到的最佳结论,是从定性上升到定量的认识。这个方法就其实质而言,是将专家群体(包括各种有关专家)、数据、和各种信息与计算机技术有机地结合起来,把各种科学理论和人的经验知识结合起来。这个方法应用的成功,就在于发挥了这个系统的整体优势和综合优势。钱学森在1992年进而提出了从定性到定量的综合集成法的应用形式,即综合集成研讨体系。钱学森的系统科学思想,使人们认识到开放的复杂巨系统具有科学与经验相结合的本质,并指导人们运用一种科学的途径去求科学与经验相结合的解答。

钱学森对中国系统科学发展的贡献主要可以归纳为以下几个方面:①总结和推广我国航天系统工程的实践经验,提出一套具有中国特色的系统工程理论;②阐明系统科学的结构体系,为中国系统科学的发展提供了指导思想和行动指南;③提出建立系统科学的基础理论——系统学的科学任务,深入探讨系统科学的研究对象、学科特点、建立途径等,提出一系列指导性意见;④制定开放的复杂巨系统理论框架,使中国的复杂性研究在

世界上独树一帜;⑤提出建立系统科学的哲学——系统论的科学任务,对如何完成这一任务发表了许多原则性意见;⑥团结和培养了几代从事系统科学和系统工程研究的学者,形成一支庞大的队伍,指导他们在系统科学的不同层次和不同分支学科开展广泛的研究,并大量应用于解决实际问题,对我国改革开放和社会主义建设的伟大事业作出重大贡献;⑦坚持以马克思主义哲学指导系统科学的发展,不仅以极大的热情遵循这个原则,而且身体力行,取得切实的成果,为系统科学界树立了楷模;⑧探讨把系统科学原理和方法应用于其他十大科学技术部门的可能性、必要性和可行途径,对我国科学技术各方面以至社会实践的发展都产生了积极的影响。

这一切,形成一个具有显著特征的系统科学的中国学派,也就是钱学森学派,使中国在世界系统科学界占有重要地位。钱学森被誉为是中国系统科学当之无愧的导师,系统科学研究大军的核心,是中国系统科学界迄今为止真正有世界影响的唯一科学家。

三、系统科学的体系结构

我国对系统工程研究起点较高,对系统工程的理解比国外要深,有自己的特色。在理论上有不少重大突破。标志之一是,1979 年钱学森率先提出建立系统科学体系和系统学的设想,在国际系统科学界独树一帜。把各门具体的系统工程看成工程技术,而把运筹学、控制论、信息论和事理学等看成技术科学,最后把系统学作为系统科学的基础科学(见表 42 - 1)。

表 42 - 1　系统科学体系结构

哲　　学	马克思主义哲学
桥　　梁	系统论
基础科学	系统学
技术科学	运筹学 控制论 信息论 事理学
工程技术	系统工程 控制工程 信息工程

20 世纪 80 年代,钱学森对系统工程几十年来的发展进行了理论总结,提出"系统科学"这一大学科概念,认为"系统工程要发展成一个系统科学,既然系统科学是现代科学技术体系中的一大部门,那么,系统科学大部门一样,也应该包括工程技术、技术科学、基础科学、哲学桥梁这样四个层次"。

工程技术:实际解决问题的就是系统工程、控制工程和信息工程。

技术科学:就是运筹学、控制论、信息论和事理学这些东西。

基础科学:就是系统学。

哲学桥梁:系统科学的哲学概括,就是认识论,即通往现代科学技术体系的最高概括

马克思主义哲学的桥梁是系统论。

系统论是研究系统思想和系统方法的哲学理论，又称系统观。辩证唯物主义认为，物质世界是由无数相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的统一整体，这就是系统普遍存在性的哲学基础。系统思想和系统方法又为辩证唯物主义的发展提供了素材。

值得一提的是直到1996年3月钱学森在给张锡纯教授的信中，又一一指出了系统科学技术层次每门学科的研究特点。信中写道：

> 近年来我和我的合作者忙于建立系统科学部门的基础科学——系统学，还没有来得及考虑系统科学部门的技术科学。您致力于此，令我非常高兴！您说这一层次的学科（一概称"学"，不称"论"）除运筹学、控制学、信息学之外，还应有事理学，对我很有启发；是否可以这样认识，即：
>
> （一）控制学，那是讲系统成员关系的人为调控以达到整体运行的优化；
>
> （二）运筹学，那是在一定外部规范及信息条件下，使系统取得最佳运行的学问；
>
> （三）信息学，那是专门研究系统成员之间的信息网络建立与优化；
>
> （四）事理学，那是专门研究系统内部各种运行的条件和法律、
>
> 法规，目的是使系统运行优化。
>
> 例如您提出的军事标准化问题，现在的世界形势和民品质量的要求因高技术的发展而不断更加严格，和世界标准的一体化、通用化、因此我国老一套从苏联抄来的军用标准必须改革。前几年就建议，高技术产品的零部件可以军民一体化。
>
> 总之，系统工程的目标就是建立优化的系统，而以上四门系统科学的技术科学就是提供优化的技术理论。可以看到这四门技术科学都涉及社会科学这另一个大部门，所以现代科学技术体系在大部门之间是有交叉的，不是完全分隔的。
>
> 又：运筹学和事理学都是利用环境以求最佳效益，不同之处在于运筹学是即时效益而事理学是长时期的效益。对一个系统的多次运筹考虑后也自然会发现事理学性质的启示。

这样就比较清晰地界定了系统学、系统工程、系统科学这样一些学科概念。总体来说，钱学森对系统科学体系的研究特点是：①强调系统科学哲学基础的重要性，尤其是马克思主义哲学对系统科学的指导作用；②以钱学森提出的现代科学技术体系矩阵式结构为理论背景，作为提出系统科学学科构架的基础模式；③由前面两个特点自然派生出对系统论、系统工程、系统科学等学科概念的重新界定。

四、提出创建系统科学的基础理论学科——系统学

尽管系统的存在是一个客观事实，但人类对它的认识却经历了漫长的岁月。人们对简单系统研究的比较多，而对复杂系统的研究却很少，更没有把它作为一门独立的科学

技术部门，对其基础理论进行系统而深入的研究。也正是在这样的认识基础上，钱学森在 1979 年提出，建立系统科学部门，建立系统科学的基础科学——系统学。

系统学（systematology）是关于系统的一般理论，是系统科学的基础理论。20 世纪 70 年代末至 80 年代初，钱学森已经注意到作为一门基础的系统学尚未形成一套严谨统一的理论体系。从那时起，他就建议并指导我国学者尽快建立系统学的理论体系，做了大量工作。按照钱学森的系统科学体系，既然系统学是基础科学，它有关系统的概念，揭示的规律应该具有高度的概括性、科学的抽象性和应用的广泛性。钱学森指出：“系统学的建立实际上是一次科学革命，它的重要性绝不亚于相对论或量子力学。”现代科学技术的发展，为系统学的建立提供了丰富的材料，但把系统学建立起来也不是一件容易的事，需要我们作出艰苦的努力和创造性劳动。

关于系统学在科学技术中的地位问题过去是一个引起争论的问题，尤其在国外各种说法比较混乱。在我国，20 多年前在钱学森现代科学技术体系的基本框架形成之初，就把系统科学作为与自然科学、社会科学和数学科学同等地位的科学技术大部门，而系统科学的基础科学则是系统学。这就非常明确地说明了系统科学和系统学在整个科学技术体系中的地位和作用。

关于系统学的建立途径。钱学森认为，不能仅仅从运筹学与控制论中提炼，还要充分吸收贝塔朗菲的一般系统论与理论生物学、普里高津的耗散结构理论、哈肯的协同学、艾根的超循环理论、托姆（R. Thom）的突变论、斯梅尔（S. Smale）－廖山涛的动力体系理论等多方面的研究成果。他说：“我认为把运筹学、控制论和信息论同贝塔朗菲、普里高津、哈肯、弗洛里希、艾根等人的工作融会贯通，加以整理，就可以写出《系统学》这本书。”［钱学森等著《论系统工程 · 前言》（增订本），湖南科学技术出版社，1988 年］

为了建立系统学，钱学森一方面推动系统工程的应用，另一方面采取了讨论班的方式。从 1986 年 1 月起，在钱学森的亲自指导下，开始了“系统学讨论班”的学术活动，参加讨论班的老、中、青三代科技工作者，分别来自中国科学院、中国社会科学院、北京大学、北京师范大学、国防科学技术工业委员会、航空航天工业部和国务院发展研究中心等单位。钱学森不仅参加了每一次讨论会，而且还发表自己的看法和观点，与大家平等地讨论问题。在这些学术活动和交流中，对于系统学和系统科学，钱学森提出了许多有创新性的学术思想和重要观点，提炼了很多重要的科学概念，建立了新的系统方法论。所有这些对创建系统学和发展系统科学，都具有重要的科学价值和深远的学术影响。

20 世纪 80 年代末期，在讨论班的基础上，钱学森明确界定系统学是研究结构与功能（系统的演化、协同与控制）的一般规律科学。对于所有系统来说，系统结构和外部环境决定了系统功能；系统结构及外部环境的改变必然引起系统功能的变化。揭示这些规律便是系统学的基本任务。把控制的思想和概念引入到系统学，是钱学森一个很重要的学术思想。系统学不仅要以揭示的系统规律去认识系统，而且还要在认识系统的基础上去控制系统，使系统具有我们所希望的功能。这正是体现了认识客观世界的目的是为了更好地适应和改造客观世界这一马克思主义的基本原理。

钱学森对系统学的上述定义，比他在 20 世纪 80 年代初对系统学的认识又深化了一

步。以这个概念和思想为核心，形成了简单系统、简单巨系统、复杂巨系统和特殊复杂巨系统（社会系统）为主线的系统学提纲和内容，这就形成了系统学的基本框架。许国志院士就是按照这一框架编写完成了《系统科学》（上海科技教育出版社，2000 年）一书的系统理论部分。

钱学森认为，系统学的建立是一次科学革命，它的重要性不亚于相对论和量子力学。从现代科学技术发展趋势来看，如果说量子力学是微观层次（典型尺度约为 10^{-15} 厘米）研究上的科学革命，相对论是宇观层次（典型尺度约为 10^{21} 米）研究上的科学革命，那么系统学则是宏观层次（典型尺度约为 10^{2} 米）研究上的科学革命。宏观层次就是我们人类生活的这个世界。在这个层次上出现了生命和生物，产生了人类和人类社会。复杂巨系统的研究以及国外的复杂性研究，都是着眼于这个层次上的。

在这里需要说明的是，尽管我们的系统科学家们在系统科学领域已经取得了丰硕的成果，但是，并没有真正实现钱学森提出建立系统科学体系和系统学的目标，仍然应当密切注视国外的研究动向，及时跟踪他们的研究，把他们的成果吸收到系统学中来。否则，由中国人提出的建立系统学的任务，将由外国人率先完成，我们将又一次成为引进者。

我国系统科学工作者的研究成果，使我国成为国际系统科学研究的前列国家之一，引起了国际同行的重视。例如，1988 年 7 月 25—28 日，第一届国际系统科学与系统工程会议是在北京召开的，这次会议由中国系统工程学会与国际应用系统分析研究院（IIASE）共同发起，来自美国、苏联、日本、德国、法国、英国、意大利、比利时、奥地利、加拿大、墨西哥、瑞士、丹麦、伊朗、澳大利亚、葡萄牙、马来西亚、韩国、波兰、捷克、中国以及香港等 23 个国家和地区 288 名专家出席了这次会议。会前出版了《系统科学与系统工程会议论文集》[Systems Science and Engineering（ISSE'88）Proceedings]，收入论文 175 篇，其中，国内 93 篇，境外 82 篇。

在世纪之交，中国科学院院长路甬祥连续发表重要文章认为，在 21 世纪系统科学教育要出现新的面貌，并称“系统科学依然是（21 世纪）自然科学、工程技术、经济与管理科学的方法和基础”。（《我们的时代和科学技术的未来》，《中国科学报》，1998 - 10 - 12）

五、系统科学研究方法、途径、前景

物理主义者试图用传统的方法来研究复杂系统的行为，最终毫无结果。有人企图在关于简单系统的物理概念基础上添加某种奇特的新概念来建立复杂系统理论，同样没有获得什么值得称道的成果。原因就在于，对这门新兴的科学以及它的研究方法还缺乏正确的认识。钱学森对系统科学最重要的贡献是他发展了系统学和开放的复杂巨系统的方法论。在后来的研究工作中，他赋予这一方法论更广泛的含义：处理复杂系统和复杂巨系统的定量方法学，是半经验半理论的，提出经验性假设（猜想和判断），是建立复杂系统数学模型的出发点。他特别指出，当人们寻求用定量方法处理复杂系统时，容易注重数学模型的逻辑处理，这样的数学模型看起来“理论性”很强，其实不免牵强附会、脱离实际。与其如此，倒不如从建模一开始就老老实实承认理论的不足，而求援于经验判断，让定性的方法与定量的方法结合起来，最后定量。

2004年，全国政协副主席、中国工程院院长徐匡迪院士在为《智慧的钥匙——钱学森论系统科学》写的序言中，联系自己主持上海市政府工作时运用上述理论的实践说："这一个对复杂行为系统建模的'点''拨'，真是发人深省，对我来说真有醍醐灌顶、茅塞顿开之感。本人于1991年起主持上海市综合经济（计委、财政、物资、物价等）工作，上任后不久，就力图将过去的'行政长官意志'转变为科学管理，建立上海这个经济总量最大城市的'投入产出模型'、'物资供求与物价模型'以及'生产要素（资本、土地、人力等）与经济增长的相关模型'……由于理工科的背景和对数学逻辑的'迷信'，过分追求数学模型的逻辑处理，而忽视了社会系统中的其他不稳定因素，虽然得到一套数学模型，但相关性甚低（≤0.70），与经验性的'毛估估'（上海土话，意即粗略估计）差之不多。以后拜访了不少老领导，了解了过去六个五年计划执行中出现过的非经济因素（政治运动、行政干预、意识形态波动等），加以综合判断，剔除某些项目及年、月后，模型的相关性就提升到0.9以上，即钱老所说'求援于经验判断，让定性的方法与定量的方法结合起来，最后定量'就符合复杂系统的实际了。以后，上海市的人口预测、中小学生规模、外来劳动力需求总量预测等，大都采用了钱老所说的方法，取得了较满意的结果。"

1998年在纪念中国科协成立40周年的"科学技术面向新世纪"学术年会上，路甬祥院士在大会上作了《我们的时代和科学技术的未来》的报告，在这个特邀报告中三次提及系统科学，把系统科学和数学、物质科学、生命科学、信息科学、认识与脑科学、心理行为科学、宇宙科学、地球和环境科学并列，放在横贯自然科学、社会与人文科学、技术与工程科学的地位，并称"系统科学是自然科学、工程科学、经济与管理科学的方法和基础"。路甬祥院士还在另一篇文章（《科学》1998年第2期）说："系统科学理论框架的构建尚未完成。"这是应该引起系统科学工作者高度重视，也应该说是系统工程界应该做的事。

多少年来，人们认识社会改造社会所运用的方法总跳不出思辨和从定性到定性的描述上，多少仁人志士为此烦恼，为此遗憾。系统科学的发展，为人们提供了一种全新的方法论和方法。使人们可以从传统的方法中跳出来，在认识社会，改造社会的实践中赢得以往根本无法期望的成绩。这必将大大推动社会科学和人文科学从描述科学和向精密科学的过渡和转变；自然科学已经是精密科学，但是面临系统整体性的挑战，自然科学家为此陷入困惑。系统科学的出现，为打通从微观到宏观的通道提供了思路和方法，解决了由下往上的问题；现代科学技术所具有的综合集成的整体发展趋势，随着系统科学的发展，这种趋势将越来越明显。范围更大、跨度更大的不同学科、不同领域的交叉、结合和融合，将形成一大批新学科、新领域。这些革命性的变革，将大大推动整个科学技术的发展。这正是系统科学发展最伟大意义之所在。也正是钱学森对系统科学发展的贡献意义之所在。

第四十三章 创建思维科学

钱学森作为创建思维科学的第一人，对思维科学理论的最大贡献在于，提出了思维科学发展的可能性和必要性，并把思维科学作为现代科学技术体系的一个大部门，这就把长期分散的无序学科组成了一个层次结构合理的思维科学体系，完成了思维科学体系的建构，预见了一系列新学科的出现，从而使我国的思维科学的研究走上了科学发展的道路。20 多年的实践已经证明，在钱学森的倡导和影响下，我国广大学者已在思维科学体系、思维学（形象思维、灵感思维、抽象思维）、人工智能、相似论、智力工程等方面取得了可喜的研究成果，充分表明了钱学森思维科学理论构想的强大生命力。

一、提出建立思维科学的学术背景

从人类认识的总体发展来看，人类探索、认识和把握世界的重点对象，在不同的历史时期有不同的侧重。古代人为了生存，研究的重点是所面对的天地万物，即客观的物质世界；到了近代，人们开始着重研究所面对的客观世界和人的精神世界的关系，也就是客观与主观，存在与思维的关系问题；到了 20 世纪中叶，人们开始把更多的注意力放到研究人类自身上，希望用现代科学技术的手段，揭开思维的内在奥秘和运动规律，以便更好地把主观的思维和科学的研究结合起来，从而达到内外和谐和主客观的高度统一。这是人类科学地解决了主观和客观、思维和存在的关系之后，人的认识开始向更高层次合乎规律的推进。这就是钱学森倡导建立思维科学的科学依据，它顺应了人类历史发展的趋势。当代科学技术的发展，特别是电子计算机的问世，为建立思维科学准备了物质前提。科学技术的发展和前人对思维的认识，使人类进入了一个注重自知、探索自我认识的阶段。这就是

说，人类对思维的长期观察、探索、研究所积累起来的经验与知识，已经到了进行系统总结和整理的时候了。

思维科学的建立不仅是科学逻辑的自然延伸，也是科学技术和社会科学发展的实际需要。

1. 信息时代的需要

由于电子计算机的飞速发展和广泛应用，电子技术、网络技术在世界范围内掀起了一次新的技术革命。人类社会已经步入了信息时代，其显著特征是，知识、信息、智力提高到了前所未有的高度。钱学森认为，知识、信息、智力的问题实际上都是一个思维的问题，都与思维科学密切相关。因为新技术的广泛应用，使人们越来越深刻地认识科学技术作为第一生产力的巨大威力，更加深刻地认识到研究和利用这些现代新技术的关键是人，是具有创造性思维能力的人。因此，创建思维科学是信息时代的召唤，也是历史的必然。

2. 全面揭示思维规律的需要

亚里士多德创立的形式逻辑既是人类理性思维的结晶，也是人类探索逻辑思维的路标。19 世纪末 20 世纪初创立的布尔代数和数理逻辑，将形式逻辑完全形式化和数学化，最终使它们不仅成为人类理性思维的历史标志，而且成为 20 世纪研制电子计算机的理论基础。然而，科学家和哲学家们却发现了逻辑思维的局限性，认识到逻辑思维规律只是人类思维规律的一部分，而并非全部。事实上，人类的重大科学发现，技术发明等创造性思维活动，也并非完全遵循逻辑的规律。显然，人类的整个思维，还包括了幻想、联想、想象、直觉、灵感等非逻辑思维活动。现在，人们越来越认识到非逻辑思维的重要性，并力求用现代科技手段揭示其规律性，以便自觉地加以运用，从而全面地认识人类的思维规律。

3. 研制新一代智能机的需要

如果说蒸汽机的应用标志着人类体力劳动的解放的话，那么，电子计算机的广泛使用使得人类脑力劳动的解放成为现实。电子数字计算机虽然是形式逻辑特别是数理逻辑的杰作，但也越来越显示出形式逻辑的无能为力。所谓的“机器思维”，不过是一种严格的逻辑思维，而形象思维如猜想、想象、幻想等等在目前的计算机上根本无法实现。钱学森认为，与人脑相比，目前的计算机还极为笨拙。上世纪 80 年代日本提出研制“第五代”电子计算机，结果以失败告终，其根本原因就是没有新的理论基础。这种新的理论基础就是思维科学。要想让机器有点智能，让计算机变得聪明起来，就必须研究思维科学，特别是研究形象思维的规律。钱学森认为：“电子计算机要模拟人的智能、搞人工智能，就必须解决这个问题。”钱学森在《与文艺研究编辑部同志座谈科学、思维与文艺问题》中强调指出：“推动思维科学研究的是计算机技术的需要。”

4. 提高人的创造性思维能力的需要

江泽民曾多次指出：“创新是一个民族进步的灵魂，是一个国家兴旺发达的不竭动力。”在信息社会，哪个民族、国家和地区占有高技术的优势，它在世界新技术革命中就有主动，这种高科技及其产业，一方面要靠创新思维去发现，去创造、去占有，另一方面又要

靠理论思维去转化、去推广、去应用,所以,如何提高全民族的思维能力,已日益受到世界各国的政治家、战略家、军事家、企业家们的重视。钱学森明确指出:“未来社会的竞争,是综合国力的竞争,是社会生产力的竞争,是高科技的竞争,是人才的竞争,归根到底是人的理论思维能力的竞争。”由于人们并不了解创造的过程,也不清楚创造性思维的规律,所以直到现在,人们还不能运用比较完整的规律和原理来开发人的创造能力。钱学森认为,要掌握这种规律,就必须开展思维科学的研究,用思维科学的理论来教育人,以便提高人们的创造性思维能力。这是我们的一项战略任务,要有紧迫感。

人工智能已成为国际上的一大热门,但学术思想却处于混乱状态。在这样的背景下,钱学森站在科技发展的前沿,提出创建思维科学(noetic science)这一科学技术部门,把20世纪30年代中国哲学界已经议论过,并有所争论,但在当时条件下没法讲清楚的主张,科学地概括成为思维科学。他比较突出的贡献在于:思维科学的基础科学是研究人有意识的思维规律的学问,称为思维学;主张发展思维科学要同人工智能,智能计算机的工作结合起来;把系统科学方法应用到思维科学的研究中,提出思维的系统观。

二、思维科学作为一个大的科学技术部门的形成与重要意义

1979年4月23、24日,钱学森在中共中央党校所作的学术报告《现代科学技术的发展》中,就明确提出:“我们要把逻辑学扩大为思维学,包括一部分我们已经研究得很多的而且很有成绩的逻辑思维,还包括其他人的思维过程。这在外国已逐步地引起重视,他们是从搞机器人、人工智能这个方面考虑的。搞人工智能、机器人,就要搞一个人工智能、机器人的理论。这个理论,他们叫认识科学。我们用‘思维学’可能更确切一点,就是包括逻辑思维,也包括其他的各种思维过程,形象思维等等,研究它们的规律。”这些论断非常重要,奠定了思维科学的基本理论框架、研究的方向与基本道路。第一次公开发表是1980年《哲学研究》第4期上的文章:《自然辩证法、思维科学与人的潜力》。后来发表了一系列文章、讲话与书信,把思维科学的思想进一步展开、充实与完善,逐渐形成现代科学技术体系中的一个大科学技术部门。

关于思维科学问题的讨论,早在20世纪30年代,就有少数学者零星发表过几篇文章,可以说不是什么新话题。然而把人类的思维作为一门与自然科学、社会科学、数学科学等科学部门平起平坐的科学大部门来研究的倡导者,学术界一致公认钱学森是第一人。1984年8月,我国著名科学家和科普作家高士其同志在首届全国思维科学讨论会上开口第一句话便讲道:“钱学森同志所倡导的‘思维科学’确实是一门对于当前和未来有着十分重要的作用和深远影响的科学。”他还讲道:“今天科学已经进入一个蓬勃发展的历史时期,因此思维也需要相应地得到极大的发展,这样才能适应科学形势的需要,所以钱学森同志提出建立思维科学的建议并非是一种心血来潮,而是顺应了历史发展的规律。”(钱学森主编,《关于思维科学》,第3页)

1. 思维科学大部门的形成

钱学森认为,思维科学是与自然科学、社会科学、数学科学等现代科学技术相并列的一个独立的科学技术大部门。他强调,研究“思维科学的目的在于了解人是怎样认识客

观世界的，人在实践中得到的感觉信息是怎样在人的大脑中存贮和加工处理成人对客观世界的认识”；同时也“研究人认识客观世界的规律和方法”。可见，钱学森是把思维科学划分为一个独立的大科学部门、从而肯定了思维科学学科地位的第一人。

钱学森是我国最早明确主张把思维科学当作一门多学科的综合科学、系统地来研究的科学家。他的这一主张见诸公开发表的文章是1980年第4期《哲学研究》，1980年第6期《中国社会科学》，1981年第1期《自然杂志》等。他在上述文章中谈到：“我们要把逻辑学扩大为思维学，包括一部分我们已经研究的很多而且很有成绩的逻辑思维，还要包括其他的人的思维过程。这在国外已逐步地引起重视，他们是从搞机器人、人工智能这方面考虑的，搞人工智能、机器人，就要搞一个人工智能、机器人的理论，这个理论叫认知科学(cognitive sciences)，我们用‘思维科学’，更确切一点，就是包括逻辑思维，也包括其他各种思维过程，形象思维等。”

思维科学作为一个既新又老的科学部门，必须与现代科学技术体系中各个科学部门理清关系。由于思维科学研究中要运用系统科学的一些理论与方法，于是有人就认为系统论、信息论和控制论应列入思维科学体系之中；因为思维的物质基础是大脑，所以有人又建议将研究大脑活动的脑科学等也列入思维科学的体系中。针对这些看法，钱学森认为，必须从整个现代科学技术体系的大背景中来考虑思维科学的体系：“我们不能就思维科学谈思维科学，要考虑和其他科学部门的关系”，在构建思维科学体系时应注意“不能把系统科学和人体科学的东西拉到思维科学这个体系中来”，否则，就会打乱整个现代科学技术体系。钱学森早在1981年就为思维科学划定了明确的研究范围。他说：“思维科学应该是专门研究人的有意识的思维，即人自己能够加以控制的思维。下意识不包括在思维科学的研究范围，而归入人体科学的研究范围，是心理学的事。”钱学森也曾明确地指出：“思维科学只研究思维的规律和方法，不研究思维的内容，内容是其他科学技术部门的事。”

1995年3月，钱学森以通信的方式，对思维科学的研究作了界定：“我们要进一步分清什么是人体科学，什么是思维科学。现在我想所谓感觉和知觉都是人体科学中神经心理学研究的领域，而更上一层的所谓感受则是精神学的研究领域。只处理所获得的信息，那才是思维科学的研究课题。”

钱学森提出，认知心理学就是上升到精神也还是人体科学基础学科层次，属于人体科学大部门，而思维学属于思维科学大部门。

2. 开展思维科学研究的重要意义及其影响

开展思维科学研究，首先推动了人类思维能力的提高。思维科学研究表明，人的思维能力除抽象思维能力外，还有形象思维、灵感思维、社会思维和创新思维等能力，它们对人的思维能力的提高同样重要。钱学森说：“科学技术工作者决不能局限于抽象思维的归纳推理法，即所谓科学方法，而必须兼用形象或直感思维，甚至要得助于灵感或顿悟思维。”综观科学技术的发展史，许多成功者在谈到思维问题时，几乎都是善于驾驭各种思维的高手，发展思维科学不仅能使我们懂得如何更充分地发挥人类的各种思维能力，而且“可能有朝一日使我们懂得创造的规律，能教学生搞思维飞跃。”

开展思维科学研究，可以加速前科学知识向科学知识转化。在思维科学体系尚未建立起来的时候，人类有关思维活动的经验和体会，都处于前科学知识的状态，没有形成真正的科学知识。前科学转化为科学，有时须经漫长的历程。随着思维科学研究的发展，思维科学体系的建立，将会大大加快思维科学领域的前科学知识向科学知识转化。将会把人们很难学习掌握的大量的前科学知识，即精神财富，都可以挖掘出来，这将把人类的智力开发大大地向前推进一步。

开展思维科学研究，特别是形象思维的突破，必将给计算机的智能化带来一次革命。届时，将利用思维科学的全部研究成果，设计研制出像人一样既能计算又能推理和想象的真正的智能机。数百年前，哲学家为我们揭示了抽象思维的规律，因此产生了形式逻辑、辩证逻辑、数理逻辑等一系列的科学成果，推动了自然科学和社会科学的全面发展。我们相信，思维科学的研究发展，定将促进人类思维与整个科学技术事业的巨大飞跃。

继钱学森在20世纪80年代初倡导研究思维规律，建议创立思维科学之后，美国著名心理学家西蒙等人提出要建立探索人类精神世界的科学——认知科学(cognitive science)。一个在东方称为思维科学，一个在西方叫作认知科学，它们都是以“内部宇宙——那装有词汇和想象力的人类思想宇宙”为研究对象的。东西方的学者几乎同时把科学研究的目光集中在类似的研究方向上，是很不寻常的。科学史告诉我们，科学研究中的这种惊人的相似，意味着科学将面临突破和成功。是的，人类思维进行自我认识的时候来到了！

三、关于思维科学的体系结构

钱学森在20世纪80年代初提出创建思维科学技术部门，认为思维科学是处理意识与大脑、精神与物质、主观与客观的科学，是现代科学技术的一个大部门。推动思维科学研究是计算机技术革命的需要。钱学森把思维科学划分为思维科学的基础科学、思维科学的技术科学及思维科学的工程技术四个层次。

1. 思维科学的体系结构

钱学森在完成了对思维科学大部门的外向描述之后，重点进行了思维科学大部门内部的描述，即思维科学的体系建构。钱学森认为，既然思维科学是现代科学技术体系中的一大部门，那么，思维科学大部门也应该包括工程技术、技术科学、基础科学、哲学桥梁这样四个层次。

工程技术层次：是思维科学中直接改造客观世界的学问，它包括人工智能、智能计算机的研制、计算机软件工程、情报资料库技术、密码技术、文字学和计算机模拟技术及其他。

技术科学层次：模拟识别、结构语言学、数理语言学、情报学、科学方法论。

基础科学层次：信息学、抽象思维学、形象思维学、创造思维学。

哲学桥梁：思维科学的哲学概括，即通往现代科学技术体系的最高概括马克思主义哲学的桥梁——认识论。钱学森把马克思主义哲学的认识论纳入思维科学体系，但他指出，这里的认识论已经不是经典的辩证唯物主义的认识论了，这是因为“经典的认识论没有概括关于人脑活动细节、也因而没有新的、将要发展的思维科学的基础，还停留在思辨

的阶段，局限性比较大”。认识论在这里承担着双重的任务：一是马克思主义哲学通过它来具体指导思维科学的研究；二是思维科学通过它来丰富和深化马克思主义哲学。思维科学的体系结构见表43－1。

表43－1　思维科学体系结构

哲　　学	马克思主义哲学
桥　　梁	认识论
基础科学	信息学 抽象（逻辑）思维学 形象（直感）思维学 社会（集体）思维学 创造思维学
技术科学	模拟识别 结构语言学 数理语言学 情报学 科学方法论
工程技术	人工智能 智能计算机的研制 计算机模拟技术 计算机软件工程 情报资料库技术 密码技术 文字学

2. 思维科学的基础科学——思维学

钱学森认为，思维科学的基础科学是研究人有意识的思维规律的学问，称为思维学。思维学又可细分为四个部分：包括抽象（逻辑）思维学，形象（直感）思维学，灵感（顿悟）思维学和社会（集体）思维学，它们合在一起称为思维学。钱学森的观点也是不断发展变化的。1995年钱学森以信息处理的观点阐明了思维科学的基础科学——思维学。“思维学的任务就是研究怎样处理客观世界所获得的信息，包括Popper的‘第三世界’这个非常重要的信息源信息库，以获得改造客观世界的知识。处理可以只是人干，也可以人机结合（机器干一部分）。”这是钱学森多年来对于人机结合问题思考的重要结果。他对思维学的研究作了这样的界定：“这样看思维学就只有三个部分：逻辑思维——微观法；形象思维——宏观法；创造性思维——微观与宏观结合。创造性思维才是智慧的源泉；逻辑思维和形象思维都是手段。”（赵武光主编，《思维科学研究》，中国人民大学出版社，2001年）

（1）抽象（逻辑）思维学。抽象（逻辑）思维学是四门学科中经过系统研究的学科，其主要成果是逻辑学。这里所说的逻辑是指人的思维规律，即人脑子里的思维逻辑，钱学森称之为“主观逻辑”，以别于哲学讲的“客观逻辑”。有人建议将其直接称为逻辑思维学，钱学森不同意，他认为，仍然称作抽象思维学好。在谈到抽象思维的特点时，钱学森认为：“抽象思维好像是线型的、或者分支型的”。抽象思维是可用计算机来代替人脑工

作的那部分思维。

（2）形象（直感）思维学。形象思维建立在经验或直感的基础上，主要研究人类根据经验或直感产生智能的行为，以及如何用计算机实现这一过程，并使之上升为理论。形象思维学是钱学森论述的重点，这是因为它在思维学中至关重要。过去我们把形象思维的研究局限在文艺领域内，并认为无规律可循。钱学森不同意这种流行的看法。他认为，形象思维不仅文艺工作者使用，其他人包括自然科学家、工程师等也经常使用，只是后者把它称为直感而已。钱学森提出，一定可以建立一门形象思维的科学，叫形象思维学。他认为，形象思维"是一种不同于简单科学归纳的思维，而是复杂的，多途径的、多回路的思维"。换句话说，"抽象逻辑思维是一步步推下去的……而形象思维常常连一点来龙去脉都搞不清楚"。他认为，形象思维的特点好像是面型的、二维的。

（3）灵感（顿悟）思维学。灵感思维是形象思维的扩展，由直感的显意识扩展到灵感的潜意识。灵感是人在科学研究或文艺创作中突然出现的，转瞬即逝的特异思维过程。对于灵感的研究，在我国曾一度被视为"禁区"，钱学森最先冲破"禁区"。1980 年 7 月，钱学森在《关于形象思维问题的一封信》（《中国社会科学》，1980 年第 6 期）中明确指出，"灵感"在创造性思维中是"不同于形象思维和抽象思维的思维形式"。他第一次鲜明地把灵感现象作为人类的一种基本思维形式提出来了。在信中他同时指出："凡有创造经验的同志都知道光靠形象思维和抽象思维不能创造，不能突破；要创造要突破得有灵感。"这是对灵感思维的功能和作用的科学评价。

接着，钱学森在 1981 年第 1 期《自然杂志》上著文，再次提议，把灵感思维学同抽象思维学和形象思维学并列，共同作为思维科学的基础科学。钱学森吸取外国学者威尔逊的"多个自我"学说后认为，个人大脑意识部分之外，还有独立的潜意识部分，甚至不止一个独立的潜意识部分，每一部分都可以独立进行不同于意识内的种种思维。人不只有一个自我，而有好几个，既有自我意识到的，还有没有意识到的。问题在于"在这些潜意识里加工来加工去，得到结果了，这时可能与我们的显意识沟通了，一下子得到了答案。整个加工过程，我们可能不知道，这就是所谓的灵感。"所以灵感的本质"就是形象思维的扩大，从显意识扩大到潜意识，是从更广泛的范围或是三维的范围，来进行形象思维"。由此，钱学森认为灵感并不神秘，它是人们的感受，是可以认识的。他强调灵感思维的特征是突发性，故可用禅宗的语言"顿悟"一词，所以他将灵感思维学全称为灵感（顿悟）思维学。相对于前两种思维的一维性、二维性，他认为灵感思维具有三维性。

钱学森认为："灵感是又一种人可以控制的大脑活动，又一种思维，也是有规律的，我们也要研究它，要创立一门'灵感学'。"钱学森还就如何揭示灵感发生的本质，指出了两条科学途径："一条途径是比较古老的，可以称之为心理学的方法"，"一条途径是微观的方法"，即现代脑科学的方法，在脑细胞和分子水平上揭开灵感发生的奥秘。

著名科学家爱因斯坦对灵感极为钟爱。他依据自己亲身的科学创造实践得出结论："我相信直觉和灵感。"他还一再强调，在科学发明创造过程中，从科学观察和实验到一种新颖见解的脱出之间，没有"逻辑的桥梁"，必须诉诸直觉和灵感。

（4）社会（集体）思维学。社会思维是钱学森 1984 年在全国首届思维科学讨论会上

特别提出来的。他认为，人的思维离不开社会实践，离不开知识的影响，因此人的思维是集体的，不完全是一个人的，它受集体的影响也是非常重要的。社会思维学就是研究人作为一个集体的思维，它与集体的相互关系，相互影响，以及如何利用人类过去积累的知识。

钱学森特别声明，将思维分为四种这种划分，是从思维规律的角度来说的，也就“是为了科学研究的方便，不是讲人的每一类具体思维过程”。他认为，实际上人的哪一种思维活动都不会是单纯的一种思维在起作用，往往是两种、甚至三种先后交织在一起。比如人的创造性思维过程，就决不是单纯的抽象思维，总要有点形象思维，甚至是灵感。钱学森还预言，随着思维科学的发展，也许会发现这样划分不合适，还有其他类型的，具有不同规律的思维，比如“特异思维”的存在。

四、关于思维科学的研究方法和发展思路

钱学森认为，思维科学的研究（人的意识、人的思维）方法主要有两种：一种是微观的结构方法，即走脑科学的道路，这条路非常长，短时间内不会有结果；另一种是宏观的功能方法，即走思维学的道路，依靠思维学内部的一些方法来研究。

1. 微观的结构方法

用现代脑科学的研究方法，在脑细胞及其分子水平上揭示思维的规律，这是一种最彻底最直接的研究方法。因为人的思维不过是大脑微观结构的系统功能而已。钱学森所说的思维科学研究的微观方法，就是要把人脑这种微观结构和一个个神经元的动作性能同人的思维活动直接联系起来。目前，大脑微观结构还是个谜，所以要靠脑科学来阐明思维的机理，显然相当遥远。

2. 宏观的功能方法

宏观的功能方法，就是把人脑当成一个“黑箱”，通过观测输入与输出信息的变化来建构模型，由此而阐明思维的机理。实际上，这是系统科学的黑箱方法在思维科学研究中的应用，这个方法最大的优点，是可以采用电子计算机模拟人脑的部分功能，以达到揭示思维规律的目的。这样，大脑的部分功能结构便对应于电子计算机的程序结构，从而对于理解思维活动是个重要的启发。许多人工智能专家，如美国的明斯基就曾尝试用这个方法来寻找音乐家写作复音音乐的思维过程。钱学森说：“计算机模拟技术是研究思维科学的一个有效工具。”

钱学森认为，人脑及思维活动是一个开放的复杂巨系统，所以思维科学研究要用开放的复杂巨系统的方法论。例如，思维学中的社会思维涉及个人与集体的关系，是一个由众多子系统所构成的巨系统，就必须用系统学的方法加以解决。

3. 形象思维是当前研究思维科学的突破口

思维科学的各个分支学科虽有一定的历史，但整个思维科学这个科学技术部门目前却处于初创阶段，因此研究工作可以说是千头万绪。面对这种情况，钱学森在 1984 年举行的全国思维科学会议上，提出思维科学研究的突破口在于形象思维。1986 年他又明确指出：“思维科学的研究，我仍然以为其突破口在于形象思维学的建立，而这也是人工智

能、智能机的核心问题。因此,这也是高技术或尖端科学技术的一个重点。我们一定抓住它不放,以此带动整个思维科学的研究。"开展形象思维的研究是比较难的,但形象思维确实是人工智能和模式识别有关系的。

第一,人认识客观世界首先用的是形象思维。研究发现,形象思维在一些动物身上已经开始了,人类祖先以及现在的聋哑人和语龄前儿童,他们都是运用形象来思维。从人类的发展来看,形象思维出现在语言之前,而抽象思维却在其后。任何人在日常生活中都离不开形象思维。可见,形象思维是人类基本的思维能力。不仅艺术家用形象思维,语言学家、哲学家、科学家、发明家、工程师、设计师等等,都无法同形象思维绝缘,所以形象思维具有普遍性。

第二,从思维学的四种基本思维形式的关系和目前的研究现状来看,现在只有抽象(逻辑)思维比较成熟,已成为科学的形态。其余尚处于前科学的形态,而灵感思维和社会思维要取得进展,就必须等待形象思维的突破。这是因为,从难度来讲,前两者比后者的研究难度更大得多。从它们的关系来讲,灵感思维实质上是显意识的扩大到潜意识的,所以钱学森认为只要"形象思维搞清楚了,灵感思维的内涵、规律、也就差不多了"。人们在社会交往中,多数情况都用形象思维,而不是用抽象思维,所以,社会思维也与形象思维有密切的关系。

第三,从现实的需要来看,形象思维研究也迫在眉睫。目前,计算机之所以智能低下,而智能机的研制也裹足不前,关键在于计算机的设计理论没有实质性的突破。现在计算机只能进行抽象思维,却不能进行形象思维和灵感思维。新一代智能机的研制要取得成功,必须把形象思维的研究成果用于设计研制。正如钱学森所言:"由于智能机的研制工作已经提到日程上来,对突破形象思维也是一个压力。"

由于形象思维的重要性,所以钱学森强调,凡是对我们有用的,可以给我们一点线索,一些启发的形象思维的素材,都要下工夫去搜集、分析和研究。他列举了认知心理学、科学语言、人工智能、文艺理论和美学、人体特异功能、梦呓之谜、心算神童的奥妙等与形象思维有关的七个方面的研究,"要综合一切可以利用的素材,加以整理,把它构筑成一门形象思维的学问,形象(直感)思维学"。

4. 钱学森主张发展思维科学要同人工智能,智能计算机的工作结合起来

钱学森以自己亲身参与应用力学发展的深刻体会,指明研究人工智能、智能计算机应以应用力学为借鉴,走理论联系实际,实际要理论指导的道路。人工智能的理论基础就是思维科学中的基础科学思维学。研究思维学的途径是从哲学的成果中寻找,思维学实际上是从哲学中演化出来的。他还认为形象思维学的建立是当前思维科学研究的突破口,也是人工智能、智能计算机的核心问题。

5. 钱学森把系统科学方法应用到思维科学的研究中,提出思维的系统观

钱学森强调,首先以逻辑单元思维过程为微观基础,逐步构筑单一思维类型的一阶思维系统,也就是构筑抽象思维、形象(直感)思维、社会思维以及特异思维(灵感思维)等;其次是解决二阶思维开放大系统的课题;最后是决策咨询高阶思维开放巨系统。钱学森最近则进一步将思维科学的研究概括为:逻辑思维(微观法)、形象思维(宏观法)及

创造思维(微观与宏观的结合),并指出,逻辑思维和形象思维是手段,创造思维是智慧的源泉。逻辑思维可以由机器(即计算机)去干,形象思维则可以采取人机结合的方式,由机器干一部分。钱学森还将思维科学和系统科学结合起来,提出了建立大成智慧工程和大成智慧学的思想,即根据系统科学的理论和方法,利用信息技术的手段,可以将古今中外的知识和经验统统集成起来,为人类服务。

第四十四章 钱学森论军事科学

谋求中国军事高科技和军队现代化建设的长远发展，是钱学森毕生的夙愿。作为一位杰出的科学家，钱学森不仅为"两弹一星"事业作出了卓越贡献，同时也对我国军事科学研究提出了许多开创性的重要思想和观点。他高瞻远瞩地提出了"军事科学体系"的构想，积极倡导军事系统工程和军事运筹学学科的建立与发展，并对我国国防战略和军事工业改革发展，以及未来战争的趋势提出了重要建议和看法。

20世纪70年代末以来，钱学森发表了一系列有关军事科学的论述：1979年8月，《军事系统工程》（与王寿云、柴本良合著）；1982年5月18日，在中国人民解放军海军首次军事科学学术报告会上的专题报告《关于运用现代科学的新发展，建设强大的人民海军》；1983年，《谈军事科学技术——与军事科学院同志的一次谈话》；1984年1月，《关于军事科学的结构问题——在中国大百科全书领导座谈会上的讲话》；1985年3月，《在全军首次作战模拟经验交流会开幕式上的讲话》；1986年，《今后二三十年战役理论要考虑的几个宏观问题》；1986年在中共中央党校作《军事科学》的报告；1997年，《将中国人民解放军组建成为21世纪的信息化人民军队》；1998年6月，《在"军事系统工程研究发展20年报告会"上的发言》；1998年，《祝贺总装备部装备指挥技术学院建校20周年贺信》等等。

一、钱学森的军事生涯

钱学森早年在美国就是从事过火箭、导弹的研究，这些都是第二次世界大战以来的主流武器，注定与现代军事有不解之缘。1942—1949年，钱学森就参与了美国军用武器的研制项目，美国著名专栏作

家密尔顿·维奥斯特称他“是帮助美国成为世界一流军事强国的科学家的银河中一颗明亮的星”。钱学森和他的导师、同事们的火箭技术研究对美国在第二次世界大战中打击法西斯、争取世界和平起到了关键作用,因而受到了美国总统罗斯福的接见和鼓励,并授予钱学森等人“二战和平勋章”。人们也许看到过钱学森身着美军校官军服的照片。

众所周知,在钱学森归国一周年的日子,他正式加入了中国人民解放军的行列,长期在国防科技部门担任领导工作。钱学森在他几十年的军事生涯中,上至元帅将军,下至广大士兵听过他的报告和讲演的人难以数计。他阅读过的兵书从中国古代兵书《孙子兵法》到西方著名军事名著克劳塞维茨的《论战争》等等同样难以数计。他和他的秘书王寿云将军等人撰写的《论军事系统工程》,以及他指导王寿云撰写的《现代作战模拟》等军事科技著作,是军事科学界公认的军事科学技术发展的指南,并受到国外军事界的重视。1991 年国务院、中央军委授予他“一级英模奖章”。

二、钱学森对军事科学的研究与贡献

1. 始终站在世界军事科技的最前沿,传播着先进的军事思想

在 20 世纪 50—60 年代,钱学森用很大的精力向中国国人民解放军介绍世界最新军事科技成就和最新武器系统,成功地开创了中国的导弹火箭事业。

进入 20 世纪 70 年代以后,钱学森站在更高的层次,大力传播先进的军事思想。1979 年 7 月 24 日,钱学森在中国人民解放军总部机关领导干部学习会上向数千名听众发表了题为《军事系统工程》的长篇报告。这篇报告对军事作战模拟和国防系统分析在我国的发展产生极大影响。他提出实现武器使用训练现代化的方法,就是用模拟方法的问题必须解决。武器使用训练,假设用实弹射击,装备消耗太大,要借鉴国外先进的模拟训练方法。20 世纪 80 年代初,他指导王寿云写出的我军第一本《作战模拟》专著在军内外产生了很大的影响。

1985 年 3 月 20 日,钱学森应中央军委总参谋长杨得志的邀请,在总参谋部举办的领导科学研究班上作了题为《关于领导科学与艺术的几个问题》的报告。钱学森认为:“国防事业中的领导科学要解决的问题主要有三个方面:第一个问题是养兵问题,也就是军队建设中现代化科学管理问题。这方面民用系统工程的方法可以借用,如企业管理、数量经济学、人事管理、人才系统工程。第二个是用兵的问题,用兵问题的核心就是作战模拟,作战的电子计算机模拟。王寿云同志著的《作战模拟》一书介绍了作战模拟各种方法,有最彻底的理论计算,有半经验半理论的计算方法,也有完全将经验的数据纳入计算机进行作战模拟的方法,三种方法都有。这些方法可以用,也要发展。现在的方法很具体,都可以用电子计算机。各种战略战役战术的方法都可以用电子计算机模拟来考验。我们国家已经开始注意这个问题。第三个方面就是国防建设的战略问题……需要解决四个方面的问题。第一个问题就是我国的现代化要走自己的道路。跟着美国、苏联走,我们的生产能力就完全不适应……我们万万不能走他们走的这条路,我们是反侵略战争、人民战争,根据这样的战略方针,来研究我们国防现代化的战略问题。第二个问题就是根据总的作战设想,我们搞国防科学技术的同志就要研究具体的武器装备发展规划。

第三个问题就是根据现在的武器装备发展情况，军工系统是吃不饱的，大量的力量要多余出来，就要转民、为国民经济服务。第四个问题，一旦爆发战争，怎样把全国的生产力转到军工生产上来。这个问题现在有新的解决方法，就是用电子计算机控制生产，不是单台机器的控制，而是整个生产线的控制。美国正在推广这件事，叫 CIMS（计算机综合调度的生产体系）系统，如果我们也能将机械工业逐步建设成计算机综合调度的生产体系，国家一下命令，马上改产，战时动员的问题就解决了。总之，上述这些问题都是可以用现代科学技术的方法加以研究解决。”

2. 建立我军第一个运筹学研究机构——运筹作战研究处，开创军事系统工程和作战模拟研究

钱学森作为一个富有远见的科学家，早在 20 世纪 50 年代，他就已经预见到运筹学不单要研究现有的武器装备的运用，而且要研究未来武器装备的规划与运用。1956 年，他在国防部第五研究院创建了我军第一个军事运筹学研究机构——作战研究处，开辟了运筹学面向我军装备规划、论证发展方向，可以说这是我国国防系统分析研究工作的起源。

1978 年 5 月，在钱学森等人的建议和推动下，我军开始了军事运筹学和系统工程的研究试点工作，军事科学院成了第一个军事运筹研究分析机构。如今，军事运筹学和军事系统工程已经在我军战略战术，部队编制体制和兵力结构研究等各个方面得到了广泛运用，取得丰硕成果。

1979 年 7 月 24 日，钱学森在中国人民解放军总部机关领导干部学习会上向数千名听众发表了与王寿云、柴本良合写的题为《军事系统工程》的长篇报告，把计算机作战模拟技术推荐给中国人民解放军。他指出：“作战模拟技术，实质上提供了一个‘作战实验室’，在这个实验室里，利用模拟的作战环境，可以进行策略和计划的实验，可以检验策略和计划的缺陷，可以预测策略和计划的效果，可以评估武器系统的效能，可以启发新作战思想。”“在模拟的可控制的作战条件下进行作战实验，能够对有关兵力与武器装备使用之间的复杂关系获得数量上的深刻见解。作战实验，是军事科学研究方法划时代的革新。”钱学森的这篇报告，对军事作战模拟和国防系统分析在我国的发展产生了很大推动作用。后来，钱学森还积极倡导将对阵模拟方法应用于“国际经济仗”、“国际外交仗”和“国际技术贸易仗”等。在钱学森这篇重要文献的指引下，海军、军事科学院、国防科工委情报研究所等都曾出了一系列内部讲义和杂志。1987 年，军事科学院军事运筹研究所主办的《军事系统工程》杂志，反映了我国军事系统工程方面理论与应用方面的工作，另外还出版了专著如《信息·运筹·指挥》（1985）。

1985 年 3 月，军事系统工程委员会委托军事科学院召开了“全军首届作战模拟经验交流会”钱学森到会议并发表了讲话，参加会议有军内外 70 个单位，约 180 名代表。这次会议对推动我军作战模拟研究、应用与普及起了较大的促进作用。

1986 年 6 月，在北京军事科学院召开“2000 年国防战略与系统工程学术讨论会”，钱学森出席了会议并发表了重要讲话。参加会议有军内外专家学者 110 名。

三、关于军事科学的体系结构

1984 年 1 月，钱学森应《中国大百科全书》军事卷领导座谈会上发表了讲话（《中国大百科全书·军事卷通信》，1984 年第 27 期），对军事科学的体系结构特点和发展趋势作了比较系统的阐述：军事领域的科学叫作“军事科学”，实际上就是“军事工作的科学”。如果这样来看军事科学，它也是在演变的，而且在很快地变革。

钱学森说：“军事科学不管其历史是怎样发展，也一定越来越接近其他科学部门的情况，它的独特性将逐渐消失，在考虑军事科学的组织、结构的时候，不能不考虑其他科学的结构，因为它们有共性，而且共性越来越重要。或者说，军事科学越来越现代化、科学化，军事科学要纳入现代科学的模式。这样，军事科学的最高层次还是马克思主义哲学，下面有 1 个桥梁和 3 个台阶，这么一个结构。”（《论系统工程》，第 408 页）

从 1985 年以来，钱学森多次阐述和完善军事科学体系的结构，根据钱学森关于军事科学体系的思想和现代科学技术体系总体结构特征，编制出如表 44－1 军事科学体系结构。

表 44－1　军事科学体系结构

哲　学	马克思主义哲学
桥　梁	军事哲学（孙子兵法）
基础科学	军事学 战略学 战役学 战术学 军事指挥学 军制学
技术科学	军事运筹学 战略运筹学 作战指挥运筹学 武器装备建设运筹学 后勤运筹学 军制运筹学
工程技术	军事系统工程 国家安全系统工程 作战系统工程 组织系统工程 法规条令系统工程 武器装备建设系统工程 指挥自动化系统工程

早在20世纪70年代末,钱学森就深刻阐述了"战争是一门科学"的思想。他说:"战争问题尽管很复杂,但它也是客观世界的现象,因而也是有规律的,是可以被认识和掌握的,这就是战争的科学。""由于科学技术的发展,新的武器、装备不断涌现,改变了战争的客观环境,这就要求军事指挥家的思想必须跟上战争环境的变化,总结、提炼出新的规律。"他指出:"我们要用现代科学技术来研究战争的规律,研究战争这一门科学,这就形成了现代军事科学。"

经过潜心研究,1998年,钱学森在"军事系统工程学研究发展20周年报告会"上的书面发言中,对军事科学体系作了完整的论述,他指出:"在军事科学,基础理论层次是军事学,技术理论层次是军事运筹学,应用技术层次是军事系统工程。"他将军事系统工程的作用定位为"运用现代科学技术方法,更好地去解决贯彻执行军事路线、军事战略中的实际问题",并将要解决的主要问题归纳为:作战模拟,武器装备系统的设计方案论证、战术技术指标的确定与效能评估,后勤系统的组织管理,作战指挥体系的设计,战略问题的定量分析和战争模拟。

四、钱学森的现代战争思想

1. 关于我国的国防战略

关于我国的国防战略,钱学森提出了一系列具有全局性、前瞻性和可行性的重要建议。他在20世纪80年代就指出,局部地区的"小仗"可能是我们到21世纪初主要的战争样式,要搞一些平时必须保留的、精锐的、可以马上打仗的部队,应认真从军队编制、装备上解决这一问题。这些建议受到军队领导机关的高度重视,如今已在实践中得到体现。对我国国防战略和军事工业改革发展,他也提出了许多重要的建议。他还提出军工企业要实行"军民结合",而民用企业要实行"民军结合"的观点,以及用"柔性自动化生产系统"改革军工企业的观点,为我国军工企业的改革和民用企业的战时动员准备提供了重要思路。

1999年,他对前去看望他的总装备部和军事科学院的领导同志说,科学的发展离不开各学科的相互交叉、相互作用、相互借鉴。他说,国防建设是个大系统,在实践中遇到的都是大问题,而专家们往往从自己的专业出发看问题,带有很大的局限性,应提倡各学科间的互相交流和讨论。"我主张军事科学院、国防大学和总装科技委,甚至包括军兵种的人要在一起多加讨论,加强联系,加强合作。"他期望着我军军事科学及相关学科的研究在21世纪能有一个更大的发展。

早在1986年,钱学森就认识到,高技术革命必将带来军事技术的迅速发展,军队将成为知识密集的部门。未来战争将广泛使用各种先进武器系统,战场情况错综复杂,从而对指挥人员的科技文化和军事素养提出更高的要求。他在分析外军与我军军官的文化水平后敏锐地指出,为应对未来可能发生的战争,军队干部应逐步达到大学以上文化水平,师职干部应是硕士,军职干部应是博士,战士的文化水平也要相应提高。钱学森的远见卓识受到中央军委、总部的高度重视。

如今,年过九旬的钱学森,仍时刻关心着国防高科技和军队现代化建设的进展,叮嘱

前来看望他的军委领导同志要抓紧科技发展战略研究和人才队伍建设。

2. 现代战争的发展趋势

1984 年 1 月钱学森作过这样的阐述：

现代战争的规模在扩大，在战争不断使用的新技术，这使得我们考虑战争这个问题有了许多变革。我最近考虑，美国和苏联从霸权主义出发，想搞全球的军事控制和侵略。他们要把全地球都按住，必要时也要侵入别的国家，这就要遭到被侵略国家人民的反抗。所以，他们考虑的突出的一点，就是使他的武器、设备单独出去就能作战。或者说，现在需要的是，侦察、电子、通信，这在装备上都得配全。基本上就是这样一个思想。所以，他们的装备就越来越复杂，表现在造价上就是越来越昂贵。不止如此，他们现在还考虑更新、更先进的作战装备体系，比如考虑在天上打仗。这是在卫星轨道上去打敌人的战略核导弹，分三个阶段、多层次地打；一个阶段是起飞阶段，敌人的导弹一起飞就打；中间阶段，是在起飞加速阶段完了以后，在高空飞行阶段打；然后是在再入大气层这个阶段打。天上的卫星站，据他们说，要在 150 ~ 300 秒，也就是在 2 ~ 5 分钟的时间里，要摧毁 1 000 ~ 2 000 个目标。这是用任何人的指挥系统所不能完成的，必须用计算机、自动化、也就是 C^3I(Command Control Communication and Intelligence/指挥、控制、通信和情报之意，我国则称之为自动化军事指挥系统）系统，用情报、通信、组织指挥的自动化系统来对付。这样一个系统，到底要花多少亿美元？至少要几千亿吧。搞这样的东西，要比第二次世界大战时的装备费用增加 1 000 倍！这在目前他们是做不到的。我们不能跟他们走，我们的国力不允许这样办。

我们要打的是反侵略战争，人民在我们一边。装备、作战这一套东西，我们搞我们的。这就是说，要研究新时代的“小米加步枪”问题。我们也要把现代科学都用上，但不是打他们那种战争，是现代化的人民战争。

这就归结到这样一个问题，我们绝不能用上一次战争的老办法去打下一次战争，因为战争不一样了。是不是可以在战争中学习战争呢？这样当然也行。但这里有一个战争初期的重要性问题，就是说，没有时间或几乎没有时间给你学习。因为他们都是搞突然、全面、大规模袭击，这个开始和过去战争的开始是不一样的，如果战争初期处理不当，你的损失就太大了。军事科学要考虑到变革的情况，军事科学要现代化，所有的科学技术，对我有用的，我都要把它用起来，不要被旧的东西束缚住了。

钱学森在谈到军事科学与软科学的关系时讲道：“军事科学是研究什么的？就是研究对于不能肯定的竞争对方，应该采取什么措施，不只是研究打仗。国际的贸易等经济活动不是叫‘商战’吗？可能也就因为这个缘故，日本的企业家研究我们的孙子兵法，连《三国演义》、《西游记》也分析研究，想从中学一点大‘商战’的窍门。”(《科学与工程》，第 203 页）由此可以看出，钱学森把军事科学的概念普遍化、广义化了。

“善攻者，动于九天之上。”这是 2 000 多年前，中国古代的军事先哲孙子发出的对空

中机动作战的热切渴望。早在20年前钱学森就预言,随着航天科技事业的发展,一支陆、海、空军之外的"天军"即将出现在未来战争的舞台。

3. 核战争与常规战争

爱因斯坦曾经说过:"核武器的出现改变了除我们思想方法以外的一切。"钱学森认为,现在世界的总的形势是战争的因素还存在,有时也会激化,但是看来在近期打大仗、打核战争,是打不起来的。为什么打不起来呢?有一个最根本原因,就是核战略武器的出现,使得用战争作为政治斗争的另一途径,来夺取物质财富变得不可能了。德国著名军事理论家卡尔·冯·克劳塞维茨(K. Clausewitz,1780 - 1831)在他的经典著作《战争论》(商务印书馆,1978年版)中提出的"战争无非是政治通过另一种手段的继续"这一句名言,得到马克思、恩格斯、列宁和毛泽东的高度赞赏。为什么要打仗?打仗就是用政治的手段夺不到的物质财富用暴力(打仗)来夺,但核战略武器的发射点到武器的打击点这个距离,已经是全球的了,就是地球上没有哪一点是打不到的,都可以打到。再加上核弹头的破坏能力是空前的,比烈性炸药、化学炸药的破坏能力要大千万倍。这样看得很清楚,假如要打核战争,其结果只能是交战双方同归于尽。这样就使得战争作为政治斗争的另一种手段,来夺取物质财富是不可能的。何况现在世界各国都在研究核大战打开以后所引起的"核冬天"、"核饥荒"问题,这些研究说明用战争手段、用战略核武器取不到战争的胜利,只能造成全球性的灾难。

钱学森认为:"看起来打核大战的可能性不大,那么常规大战,用常规武器打呢?要打常规大战也是在核战争的威胁下打,战争打起来,它有自己的动力和规律,你能停吗?停不了,很可能引起一场核战争,所以核威胁下的常规大战也很难打起来。现在世界上战争没有停,这些战争都是小战,天天有。从宏观角度来看,人类漫长的历史上有战争现象,发展已几千年了。现在看来有点苗头,终于走向消灭、消亡的道路,我们正处在这样的过程中。"

第四十五章 钱学森论行为科学

1985年4月中旬，钱学森在北京召开的我国首届交叉科学学术讨论会上的讲话中提出："最近我发现，似乎还少了一个，应加一门行为科学。至此，我把现代科学按门类划分为九个学科部门。"同年，钱学森发表了《谈行为科学的体系》(《哲学研究》，1985年第8期)一文，比较全面系统地阐述了行为科学部门的体系结构，指出了行为科学在我国的应用与现状。稍后又发表了《钱学森谈行政管理学》(1986年10月3日，给国防科技大学田禾同志的信)，《"社会论"——行为科学的哲学概括》(《哲学研究》，1991年第11期)从工程技术层次和哲学层次，对行为科学这一大科学部门的内容和体系结构进行了深入的探讨与阐述。

一、关于行为科学

1. 行为科学的形成与发展

20世纪30年代，在美国就形成了以哈佛大学埃尔顿·梅奥(A. Mayo)教授为首的"人际关系"学派。这一学派，在企业管理方面，着重于以人为中心的行为研究，特别是企业中人与人之间的关系，群体关系，人与团体的作用等。他们认为，人与人之间关系的联结点是人的感情，人的行为由动机决定，而动机又有需要决定。人不仅有物质上的需要，而且还有社会交往、安全、心理和自我成就等精神上的需要。到20世纪40年代末，"人际关系学"研究的内容和范围逐渐扩大，改称为"行为科学"。通常认为，行为科学就是运用心理学、社会学、社会心理学、人类学以及其他与研究人的行为有关的学科的理论，研究人类行为一般规律的学问。行为科学强调从心理和社会两个方面去理解人，诱导人，激励人。因此，有人通俗地把它叫作如何调动人

的积极性的科学。

行为科学有广义和狭义之分。广义行为科学把人类行为和一切动物有关的行为研究均列入行为科学的范围。狭义行为科学主要研究人类行为及其与社会环境相关的种种因素。目前主流派的行为科学一般是泛指狭义行为科学。

2. 行为科学的内容与特点

行为科学的研究目的，就是为了从复杂纷繁的现象中揭示人的行为的普遍规律，以便有效地控制和预测人的行为，使人按照一定的社会生产和社会生活的需要来行动，更好地促进社会和人类自身的发展，维持社会生活的正常秩序。从国外行为科学的发展现状和趋势看，行为科学是一门综合性的学科。它研究的内容包括：

(1)政治、社会行为。研究人与社会的关系，考察影响人的各种社会、政治因素和人对社会、政治的反映和态度，探讨社会变迁与行为关系等。

(2)个人行为。着重研究个人行动方式以及影响人的行为的各种心理因素，如人的动机、个性、兴趣、思维能力、态度、价值观以及对周围环境和事物的感知和理解，分析相互影响过程的作用等。

(3)集体行为。主要研究集体的行动规律，集体行为的特征与内容，集体对个人的影响，集体中的人际关系，以及群体交流方式和群体动态。分析个人和集团的行为关系、研究这些行为对生产效果、冲突、协调、联合和指导的影响等。

(4)消费行为。研究分析人的物质和精神需要以及产生这种需要的欲望、动机及消费者满足自己消费需求的方式等。

此外，还研究人的学习行为、语言行为、领导行为以及行为科学的方法论，包括各种行为的观察、测定和评价方法，电子计算机在管理行为中的应用等。概括地说，行为科学主要研究人的行为、需要、动机三者之间的关系，它是探索人类思想和行为规范的一门学问。

目前行为科学的发展趋势有以下两个方面：

(1)研究范围越来越宽广，探讨的课题愈来愈微细化。如文化与人格关系研究，政治行为与行政行为研究，行为动力和行为强度研究，小团体结构功能、领导决策行为研究等。国外影响较大的行为科学理论有：马斯洛(A. H. Maslow，1908 – 1970)的"人类需求层次论"，赫茨伯格(F. Herzberg)的"激励理论"，麦克利兰的"成就需要论"，美国加利福尼亚大学日裔美籍教授威廉·大内的"Z 理论"，麦格雷戈(D. McGregor)"X – Y 理论"，以及布莱克(R. R. Blake)和莫顿(J. S. Moton)的"管理风格理论"等。

(2)研究手段、方法日益多样化。行为科学不仅承袭了管理学中的一些研究方法，如预测理论、系统工程、功能模拟方法、运筹方法等，而且，在行为的测定方面，采取了许多新的方法。国外一些较发达的国家已建立了行为科学的数据库，电子计算机在行为科学研究中的应用日益普遍。

行为科学在西方国家比较盛行。上世纪 40 年代，我国著名社会学家费孝通教授翻译了行为科学创始人梅奥的著作《文明社会中人的问题》一书，介绍西方的行为科学。行为科学在我国真正引起重视并开展研究，还是 1978 年以后的事，钱学森是积极的推动者。1981 年和 1983 年两次召开全国性的行为科学学术讨论会。1984 年底，经中国社会

科学院正式批准,建立了中国行为科学研究会。

二、行为科学的体系结构

钱学森认为,从社会发展的观点来看,文明与愚昧的冲突是永远不会完全解决的,老的矛盾解决了,新的矛盾又会产生,这才是人类社会的进步。当我们认识到个人心理、个人思想要落后于社会发展时,我们就可以能动地利用这一认识去采取措施,提高人民的觉悟,促使差距缩小,而且在矛盾产生时,尽量限制其不良后果。这就是认识个人行为与社会发展之间的矛盾运动,而不断地去解决这个矛盾。

钱学森明确指出,这一思想应该是行为科学的核心思想,是行为科学的马克思主义哲学概括,即通往现代科学技术体系的最高概括马克思主义哲学的桥梁——社会论。社会论是研究个人心理、个人意识、个人思想与社会发展的矛盾运动。

钱学森还指出,也许有人会认为社会论好像是历史唯物主义的一部分内容,但行为科学独立出来,作为现代科学技术的一个大部门了,历史唯物主义也就不必再包括社会论这部分内容,可以专门研究社会发展运动中的其他矛盾。他还强调,他所讲的社会论不是社会科学中的社会学,社会学是内容完全不同的一门学问。

有人提出,能否把社会生物学(sociobiology)作为从行为科学到马克思主义哲学的桥梁?钱学森认为这是不对的。人的行为与人的心理和人的意识有密切关系,而心理和意识是人大脑的最高层次的活动,一直认为是人所特有的。一般生物有没有意识?现在还难肯定,而否定的论据倒是很多的,所以,尽管在国外有人想以研究生物的所谓社会生活来推断人的社会生活,这将是徒劳的,因为他们又在犯几十年前行为主义心理学的毛病,不承认人的意识的重要作用。

按照现代科学技术体系结构,行为科学也应有3个层次:基础科学、技术科学和工程技术。在基础科学层次有伦理学、法制史学、法理学和法律思想史;在技术科学层次有社会心理学、人才学、德育学(是思想政治工作的理论,但它本身又是以伦理学为基础的),在技术科学层次的各种专门法学(立法学、司法组织学、司法统计学、比较法学、国家法学、经济法学、知识法学、民法学、行政法学、财政法学、劳动法学、诉讼法学、国际法学、刑法学、法医学等)、刑事证据学、犯罪心理学、劳动改造学;在工程技术层次的有各种专门法律、法规以及法制系统工程和法治系统工程。钱学森认为,思想政治工作本身是一项社会工程,应属行为科学的工程技术层次,工作的理论和工作本身有区别,不在同一层次。

从个人与社会的关系看,行为科学也要研究人才的问题。钱学森说,他过去提出过人才系统工程的问题,那是组织管理人才的发现和使用问题,是实际工作,所以应该在行为科学的工程技术层次。人才工作的理论人才学,当然属行为科学的技术科学层次了;这是因为人才是有道德品质的因素的,人才学要靠伦理学这门基础科学作指导。

钱学森认为,研究个人与团体的行为,以及组织行为和组织与外部环境相互作用的行为,也可以说是社会心理学,属于行为科学的技术科学层次。至于应用社会心理学来具体管理人的工作,是管理技术,属于行为科学的工程技术层次。行为科学的体系概貌(见表45-1)。

表45－1　行为科学体系结构

哲　　学	马克思主义哲学
桥　　梁	社会论
基础科学	伦理学 法制史学 法理学 法律思想史
技术科学	社会心理学 人才学 德育学 立法学、司法组织学、司法统计学 比较法学、国家法学、经济法学 知识法学、民法学、行政法学 财政法学、劳动法学、诉讼法学 国际法学、刑法学、法医学、 刑事证据学、犯罪心理学、劳动改造学
工程技术	管理技术 人才系统工程 思想政治社会工程 法制系统工程与法治系统工程： 国家法、经济法、科技法、民法、行政法 财政法、劳动法、环境保护法、军事法 太空法、国际法、刑法、诉讼法

由于整体结构是现代科学技术体系的共性，那么，每个大的科学部门也就不可能是完全独立的，而是有互相的交叉。在行为科学的体系中有四门系统工程学问：法制系统工程、法治系统工程、思想政治社会工程、人才系统工程，都要用到系统科学方法，与系统科学这个大部门有交叉，而法制系统工程和法治系统工程又是各门法的工程技术的横断技术，是法科学的内部交叉学科。在行为科学的技术科学层次有一门社会心理学，还有一门犯罪心理学，它们都是以基础科学的心理学为理论指导的，而基础科学的心理学却在人体科学这一大部门中。人的行为也与思维有关系，所以行为科学与思维科学有交叉。当然还有其他的交叉，这里就不一一列举了。

三、行为科学在我国的应用与现状

行为科学这门科学已经被广泛应用于国家行政、社会管理、司法、教育、消费等方面。钱学森认为，既然行为科学的目的是为了解决个人行为与社会发展之间的矛盾，那也就是要为了国家和集体的利益管好人。怎样管呢？有两个方面：一是诱导，或说开导、执导；一是诱导不成，必须绳之以法，才能限制其不良后果。这就是说在我们社会主义制度下，管理、伦理和法理三者是统一的。

钱学森在《谈行为科学的体系》一文的最后一节中指出，从行为科学的体系看，行为科学的法科学方面，学科门类多，十分茂盛，而思想政治方面显得单薄；这是因为法是有悠久历史的，特别在近几百年资本主义国家里，法制有了很大发展，我们可以吸收利用的东西比较丰富。与法科学相比，我们的思想政治工作、人才工作是在革命事业中创立的，历史比较短。就是资本主义国家的所谓行为科学，其全部历史也大致是40年，我们可以吸取利用的也就那么一点。在行为科学的思想政治、理想教育等伦理学方面就缺少学科理论，还有待于今后行为科学工作者的努力。以上的情况是从学科的多少看，从工作人员的人数看，情况是要倒转过来的：法制法治方面人员少，而思想政治方面的人员多。这也是过去革命历史所造成的。

总之，从社会主义物质文明、政治文明和精神文明建设的需要看，具有中国特色的行为科学是非常必要的，是非常重要的，行为科学在中国的前途无量。

第四十六章

钱学森论地理科学

钱学森自 1983 年以来，一直致力于创立崭新的科学部门——地理科学。他从地球表层入手，运用系统科学方法对地球表层学、地理系统、地理科学进行了开拓性和独到的研究，并进而将地理科学理论上升到社会主义地理建设这一马克思主义哲学高度，这对发展和完善社会主义建设理论具有重要实践意义。他认为："地理科学对社会主义建设来说，是一门迫切需要的科学，是科学建设社会主义所必需的理论。"从地理科学的性质、结构、研究对象、研究方法以及研究意义，到研究队伍的建设，钱学森都花费了大量的精力，进行了潜心的研究，并获得了许多精深、独到的见解。1983 年提出"地球表层学"、1986 年提出建立地理科学大部门。钱学森关于建立地理科学大部门的思想发展与形成过程大致可以分为两个阶段：1983—1989 年为理论探索与形成阶段；1989—2000 年为组织建立与实践推进阶段。1994 年出版了以钱学森阐述地理地理科学思想的文章和书信为主的《论地理科学》一书。

一、关于"地球表层学"

1983 年，钱学森在发表的《保护环境的工程技术——环境系统工程》一文中，首次提出要创立"地球表层学"。并论述了它的对象、内容和意义。文章指出地球表层的概念比提研究人与生物圈的概念更准确。"地球表层包括上至大气对流顶层（在极地的上空大概是 8 公里，赤道上空大概是 17 公里，平均大概是 10 公里），下至岩石圈的上部（陆地上大约深 5 ~ 6 公里海洋下面到 4 公里左右），这才是今天我们

人在开发利用，并有很大影响的范围，因此，环境的含义，现在应该是地球表层，而不是什么MAB（人与生物圈）。”钱学森认为，“人与生物圈”的概念“不能把今天人活动的范围全部包括进去”，人不同于一般生物，他具有高度智慧，并组成一个十分复杂的社会，因为有了人的介入，使得“地球表层”系统变得十分复杂。同时由于人类自身的不断发展和不合理的开发，使得人类赖以生存的地球表层系统变得十分脆弱，资源枯竭、灾害频发、环境污染、水土流失。为了协调人与地理环境的关系，使地球表层的演化向进化方向发展。对于这样一个复杂的物质系统体系，应该有一门专门的学科来研究它。钱学森“建议称这一门学问为地球表层学，是一门跨地理学、地质学、气象学、工农业生产技术、技术经济学和国土经济学的新学科”，有必要借助系统科学的帮助来建立“地球表层学”。其目的是深刻认识巨系统的运动规律，找出使环境改善和进化的理论依据。它不仅是天地生综合研究的理论性学科，也是地理科学的基础理论学科。

1986年11月11日，钱学森在“第二届全国天地生相互关系学术讨论会开幕式”上进一步指出，“地球表层”是借苏联科学家的名词，指跟人类直接有关的这一部分地理环境。这一范围的地球环境对人类有重大影响，人类也大大改变了这个环境。在这个范围内一切事物和现象从来没有像今天这样紧密联系，任何一个单独或少数几个学科的研究，由于只能涉及一个或几个要素，已经不适合现代社会的要求和科学的发展。人口、资源、能源、城市、环境等一系列世界性、区域性问题，没有综合研究，没法解决。科学综合是当代最重要的趋势。在很大程度上讲，综合就是科学。天地生在地球表层范围内进行综合研究，势在必行。

我国著名地理学家黄秉维院士在全国科协三届二次委员会上讲话指出：“数年以来，钱学森同志不断提倡建立地球表层学，语重心长，期望殷切。学森同志的意见，我体会大约有三个方面，即：一、他所考虑的是人类及与人类生活、生产和其他活动有关的自然界。他认为，与人类有密切关系的自然界不是一个面，而是一个层，即他所说的地球表层。在此层中的事物互相关联，形成一个区系统。二、要用系统工程、系统论的方法来研究这一区系统。三、希望能提出一些有重要意义的研究课题。”

钱学森认为，定量研究对地球表层学很重要。系统科学对地球表层学的帮助还包括它的系统分析的定量方法。地球表层学可以通过系统科学运用现代数学的成就。1985年2月26日，钱学森在北京科技发展战略讨论会上提出建立“地球表层学”下的新学科“数量地理学”（quantitative geography）的思想。他说：“地球表层学离不开定量的方法，不数量化地球表层学也建立不起来。”“我觉得把地球表层学、经济地理学，再有一个定量的数学理论等几个方面加在一起，我又起了个新名字，叫数量地理学，看是否可以。这样又科学又定量。数量地理学比城市学理论的层次就更高一些，属于城市问题方向的一门基础科学。”钱学森在讨论会上还提出建立以城市本身为研究对象的城市学；城市学不光是研究一个城市，而是一个国家的城市体系；城市学是一门中间层次的科学，属于技术科学，而它的基础理论科学是地球表层学和数量地理学。这样就比较完整地描述了从城市规划这门直接改造客观世界的工程技术到它的理论基础即城市学，再到城市学的理论基础即数量地理学。

20 世纪 50 年代，在西方出现过计量地理（geographimetrics），现在已经不用，而我国长期将英文 quantitative geography 误译为计量地理。钱学森提出数量地理学概念后，不少地理学工作者提出现在应该正名为数量地理学。20 世纪 60 年代在西方地理学界掀起的所谓的计量革命，对数学在地理学中的应用起了普及和推动作用。随着计算工具的不断改进，数量地理学在应用地理领域发挥的作用越来越大。然而，西方的数量地理学在发展过程中走过一段弯路，对地理学理论体系的建树不大。钱学森提倡的数量地理学有新的指导思想，与西方的计量地理学不尽相同。数量地理学是地球表层学下的学科，它与地球表层学在理论与方法两方面互相补充。学者们认为，钱学森关于建立数量地理学的思想是正确的，我国的数量地理学还在成长之中，目前只用了一些计量方法，数量地理学应该起到建立地理学理论的作用。

二、钱学森提出建立地理科学大部门基本思想

1. 地理科学概念

1986 年 11 月 11 日，钱学森在“第二届全国天地生相互关系学术讨论会开幕式”上作了题为《发展地理科学的建议》的报告，正式提出“地理科学”这一划时代的概念，并作了较为完整的阐述：

地理科学这门综合性的、非常重要的学科，应建立起它的完整的科学体系。地理科学这个涉及很多知识的科学部门，应有三个层次，第一层是基础理论科学，就是我们讲的地球表层学。这就跟我们常讲的数学、物理、化学、天文、地理、生物是自然科学的基础理论是一样的。没有理论的研究，我们的工作会遇到很多困难，要建立这样的学问，它是一个带头的学科。中间一层技术科学，属于应用理论学科。在地理科学内，它建立起来的已经很多了，如生态经济学，城市学。另外，为了促进地理科学研究方法的定量化，要引进数学方法，主要是系统工程。系统学方法，建立数量地理学，它也属于应用基础理论研究。第三个层次是最直接改造客观世界的学问，如环境保护、水资源研究等，高层次学科是对低层次学科的进一步综合和概括。从更高的角度来看，地理科学还应在更高一个层次上进行概括，这可以说是地理科学的哲学概括吧！

地理科学是一门非常重要的科学。今天的世界和社会，是我们研究的重点。我们怎样发展这个社会，或者对我们中华人民共和国来说，就是建设社会主义初级阶段的问题。今天我们社会主义迫切需要有一个建设的方针、政策、战略，这是一个涉及到地理科学的问题。在这方面有各种各样的规划，地区的发展规划，以至贫困地区的脱贫问题等。这方面的研究是很多的，但是，老实说，我对这些工作还不够满意，因为它用的观点还不够开阔，使用的方法也不是最好的方法，所以得出的结论到底怎么样，很值得研究。我听有的参加规划会议的专家、教授说，你别看一本一本的规划，这都是不得不跟主持规划的领导妥协的结果……只要规划有这么一点味道，我们做科学技术工作的人心里就不踏实吧！那是科学的还是不科学的？科学就要讲老实话，也许他讲老实话有困

难，那么我们就应该在方法上有改进，用地理科学的科学方法。

2. 地理科学的的研究对象——地理系统

1989年12月12日，钱学森在“第三届全国天地生相互关系学术讨论会上的发言”中指出：“地理科学到底研究什么？我觉得就是研究经济的社会形态，政治的社会形态和意识的社会形态的环境基础，或者说社会主义物质文明建设、社会主义政治文明建设以及社会主义精神文明建设的基础和客观环境。因此，我想了一个词，地理科学研究的也是一个开放的复杂巨系统——地理系统，就是我们文明建设的客观环境系统，它是对世界的大环境开放的。”

钱学森从系统科学的角度对地理科学的研究对象——“地理系统”，作了比较全面、完整的阐述。他认为地理系统是一个开放的复杂巨系统。所谓“开放”是指地理系统与系统外环境有关联，有交往，既有物质能量的交往，又有信息的交往；所谓“复杂”是指地理系统中的子系统的种类、层次非常多；所谓“巨系统”是指地理系统中的子系统成亿、上百亿、上万亿、上亿亿。要对像地理系统这样的开放的复杂巨系统进行研究确实困难重重，但是，钱学森也给出了具体研究方法。他说：“研究地理系统这样的开放和复杂的巨系统，要用开放的复杂巨系统的方法，即用定性与定量相结合的综合集成方法。根据我们现在的认识，没有其他的方法，其他的方法都不全面。”

3. 地理科学与“地学”和“地球科学”的区分

为了让人们能够正确理解和认识地理科学的概念和研究内容，很有必要界定清楚地理科学与“地学”和“地球科学”的不同。钱学森在“第三届全国天地生相互关系学术讨论会上的发言”中提出：“地学这个概念是不是也该现代化，就是叫地球科学。由于航天技术的发展，我们到其他行星以至其他行星的卫星附近去观测是可以做到的；而观测其他行星和行星的卫星对于我们研究地球本身是有很大启发和帮助的。所以，我说原来我们叫地学，后来有的同志叫地球科学，能不能把它再扩大一点叫‘行星科学’？我是外行说不准，不过，我看世界其他国家也有这种想法。比如美国加州理工学院，他的地学部不叫地学部，而叫地球与行星科学部。所以，第一个方面的大问题，就是研究地球、其他行星和行星的卫星。”

1990年1月，钱学森在接受《地理知识》杂志记者采访时更为具体说明了地理科学与地球科学、行星科学的区别：

> 行星科学和地球科学或地学是自然科学，而地理科学是自然科学与社会科学的汇合。从时间尺度上去区分，地理科学的时间尺度是比较短的，或者说地理科学的特征时间尺度是10年、20年；而行星科学和地学的时间尺度是很长的，例如地球大陆的聚合与分解，一个循环就是4亿多年。当然上述时间尺度的区分也不是绝对的，重要的不同是因为这两门学问的主导思想、所注意的问题的重点是不一样的。
>
> 什么叫地理科学？在第二届天、地、生学术讨论会上我曾经讲过对于地理科学的认识。那时我讲，如果讲地球科学、行星科学，要从天、地、生的角度研究的话，那么，地理科学的重点是研究当今世界和今后一段时间，比如21世纪，世

界全球的环境以及我们国家的环境问题，这个问题的特点是，人作为社会的人参加进来了。所以地球科学、行星科学，基本上属于自然科学，而地理科学则属于自然科学和社会科学交叉的科学了。

此外，地理科学研究的一些问题，时间是比较短的。我们讲我国社会主义建设最近10年不是就有很大的进展？讲全世界的变化，例如，最近东欧的情况变的够快了。这不像我们研究地球科学，一般变化时间要长得多。人的事，当今世界的事，社会的事，几年就有很大的变化。这也就是我们区别地理科学与地球科学的一个方面。

三、关于地理科学的体系结构

1986年12月，钱学森提出，地理科学作为科学技术的一个大部门，与自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、人体科学、思维科学、军事科学、行为科学和文艺理论九大部门并行构成十大科学技术部门。

1. 关于建立地理科学体系的重要意义

1989年7月，钱学森提出："地理科学对于社会主义建设来说，是一门迫切需要的科学。我所说的地理科学是指自然科学和社会科学的交叉，是科学建设社会主义所必需的理论。社会主义建设过程提出的问题很多，像资源利用、国土整治、发展战略等都涉及地理科学。地理科学不是一门学科而是学科体系。"经济建设的事实告诉我们，建立"地理科学体系"是社会发展的需要，也是为国家宏观决策发挥重要作用的需要，是符合现代科学综合化的发展趋势的，对地理学本身的发展是个强有力的促进。

1978年，中国共产党十一届三中全会确立以经济建设为中心，科研要为国民经济建设服务，因而在不同层次、不同方位应运而生了许多学科。在新形势下自然科学和社会科学在许多研究领域中的相互交叉和渗透，使人们产生了许多新观念、新思想和新理论，也提供了新的研究手段，这些新思想、新理论、新萌芽的产生是十分正常的。1988年，钱学森看出这些情况后提出建立地理科学体系，这是时代前进的必然，也是现实的需要，否则将不利于国家建设。这就是建立地理科学的重要意义之一。

另一方面，建立地理科学体系也是科学自身发展的需要。任何一门学科的发展都是在综合的基础上分化，在分化的基础上进行更高层次的综合。地理学要为国民经济建设服务，充分发挥其综合性和区域性的特点，如国土整治与规划、发展战略等，都涉及多种学科的综合研究。气象科学要向更高层次发展，有关臭氧层、全球变化的研究都需要综合考虑施行决策，因此各学科之间的相互渗透，彼此联系必然形成一个完整的科学体系。当前日益增多的边缘学科的出现，新技术与数学方法贯通于各门学科之中，自然科学与社会科学、技术科学联系日益加强，都说明现代科学越来越向综合化发展。地理科学正是顺应了现代科学发展的总趋势。

2. 关于地理科学的体系结构

钱学森指出："地理科学也有三个层次：基础科学、技术科学、应用技术。也有其哲学概括的'桥梁'。"地理科学按照钱学森现代科学技术的体系结构具体划分为如下三个层次：

工程技术层次。这是地理科学在直接改造客观世界方面的学问,带有工程技术性质,是干实活的学问,如城市规划、环境保护、水资源、气象预报、地震预报、地区发展战略等。

技术科学层次。这是把基础地理科学理论应用到工程技术层次作准备的中间层次,如数量地理学、生态经济学、环境科学、国土经济学、城市学等。

基础科学层次。是地理科学的基础科学层次,就是地球表层学,就是对人在地球上进行活动的这个区域进行系统研究。

现在我国年青一代的地理科学工作者积极响应钱学森建立地理科学的思想和思路,他们正在不断地丰富和完善着钱学森的学说。比如北京大学杨开忠教授认为,新的地理科学体系首先应该适应钱学森提出的基础科学、技术科学、工程技术三个层次。基础科学层可按钱学森的建议称为地球表层学,它包括运用区域系统、能量系统、信息系统综合的方法研究地球表层的景观科学、环境科学、行为地理学和这三者基础上的人类生态学,以及地理科学与自然科学和社会科学的汇合;技术科学层,包括研究人口、资源、环境、社会持续发展的发展地理学和决策地理学;工程技术层,可以划分为研究空间规划的规划地理学和研究地理工程的工程地理学等。表 46 - 1 所列地理科学体系结构是一种比较普遍的观点。

各大科学部门都要有哲学概括,自然辩证法可以说是自然科学的哲学概括,历史唯物主义可以说是社会科学的哲学概括。地理哲学,就是地理科学的哲学概括,即地理科学通往现代科学技术体系的最高概括马克思主义哲学的桥梁。哲学和科学都不是一成不变的。虽然哲学指导地理科学的研究,地理科学的发展、研究、概括,又反馈到哲学中,来发展、深化哲学研究。人的智慧就在于它认识客观世界,真正掌握了客观世界最基本的原理,只有这样,他才能站得高,看得远。学科的发展,仅有应用理论研究和应用业务技术是不够的,必须建立基础理论学科,加强基础理论研究,且要对整个学科进行哲学概括。缺乏高层次的研究,学科是不"健康"的,肯定会阻碍学科的发展。

地理哲学包括人地关系学(环境决定论、二元论、或然论、协调论与和谐论)和地理科学方法论,它既是地理科学发展的哲学概括,同时又是地理科学深化研究的指南。

表 46 - 1　地理科学体系结构

哲　　学	马克思主义哲学
桥　　梁	地理哲学
基础科学	理论地理学 部门地理学 区域地理学
技术科学	地理观测科学(遥感) 地理定位科学(GSP) 地理实验科学(虚拟现实) 地理计量科学(遥测) 地理信息科学
工程技术	地理系统工程 资源管理、灾害监测、基础设施 生态系统、人口调控、产业调整 环境工程、城镇建设、区域开发

关于地理科学的建立。钱学森说："我希望在中国要大胆地建立地理科学，地理科学是科学技术体系中与自然科学和社会科学等大部门并立的大部门，不是地理学的老概念，所以这里用建立这个词。我们要率先打出地理科学的大旗。其原因是我国社会主义建设的需要。"

四、关于社会主义地理建设

钱学森从社会主义三个文明建设引出了地理系统的概念，接着，他又想到地理系统也要建设，是不是可以称为社会主义的地理建设。

他说，现在气象很重要，但到了国务院老排不上队，难极了。这些问题多了，如水资源问题和环境保护问题都是难题，还有铁路建设，交通运输建设，通信建设。前几年农业就排不上队，现在开始重视了。是不是这些都可以归纳成社会主义建设持续稳定协调发展的一个必要基础。要看到长远，看到100年、200年后，不能只看眼前，这样社会主义地理建设的概念就形成了，它包括交通运输、信息通信、能源发电、供气、水资源，环境保护，城市绿化和城镇体系的建设，各种灾害预报和防治，气象以及航天环境预报，还有矿藏勘探，农业资源，林业资源，改造沙漠、植树造林造田等等。这些工作，这些都是社会主义地理建设。钱学森认为，灾害学的研究不能只限于自然灾害，还要考虑人为的灾害，这也是我们研究地理系统和社会主义地理建设必须考虑的。

我们要建设社会主义三个文明：社会主义物质文明建设，社会主义政治文明建设或社会主义民主与法制建设和社会主义精神文明建设，就要把这个基础条件搞好。不然的话，持续稳定协调的发展是很难做到的，这就是社会主义地理建设的重要意义和它的迫切性。

1992年，钱学森进一步提出地理建设可以分为两个部分：一是环境保护和生态建设，这基本上指的是自然环境。对这个问题的重要性，我们要有新的认识。到了20世纪的今天，人类已经认识到，过去我们发展生产，不注意环境保护，造成了严重的后果，这是十分错误的。现在大家的认识有了很大提高，明确了我国在搞经济建设，发展生产的同时，要注意环境保护和生态建设问题。

地理建设的另一个侧面是基础设施的建设，这也是很重要的，因为人不仅要利用客观的自然环境，还要建设客观环境，只有这样，人们才能在世界上更好地生活和工作。例如通信建设和交通运输建设都是当前我国社会主义建设的薄弱环节，要大力加强，而且要发展新的技术手段，如高速公路、高速铁路以及高速的水上运输。

五、地理科学的研究方法

钱学森从地球表层入手，运用系统科学方法对地球表层学、地理系统、地理科学进行了开拓性和独到的研究，并进而将地理科学理论上升到社会主义地理建设这一马克思主义哲学高度，这对发展和完善社会主义建设理论具有重要意义。

钱学森认为，研究地理科学不能说必然地比研究一个人复杂，因为着眼点不一样，所以说，地球科学、人体科学和地理科学这三个领域都可以用开放的复杂巨系统这个概念。

处理开放的复杂巨系统的方法是从定性(专家意见)到定量(计算机的计算)的综合集成方法。"这个方法,最近几年在经济问题上经过多次考验,计算结果与预测结果、与实际比较是最准确的,所以,这种方法是处理开放的复杂巨系统的可靠方法。最近,我们又对这种方法进行改进。由于综合专家的意见很费事,尤其是问题很复杂,而且每一个专家所接触到的事物又有局限性时,使得问题变得很复杂,这时我们采用了我们党多年来采用的民主集中制的方法。民主,是做不做的问题,民主后能不能真正集中是个大问题。听专家的意见,不是听几位、十几位,而是听成百上千位专家的意见。处理这样的问题得找到帮手。什么帮手?知识工程、人工智能、专家系统等新技术。把这些新技术引进来就可以解决这个问题,即使再复杂的问题也能解决。虽然这项发展还是初步的,但是已经找到了一条路,而且实践的结果证明这条路是可行的,比普里高津、哈肯的方法好得多,更可靠。"

六、关于地理科学的组织建立与实践推进

钱学森做学问从来不是随便讲讲了事,而扎扎实实地一抓到底。从1989年钱学森比较完整地提出"建立地理科学体系"以后,地理科学进入组织建立与实践推进阶段。在他的推动下组织了一系列研讨,取得了很好的效果。

1989年11月,山东师范大学受中国地理学会委托,在济南召开了"关于地理科学体系研讨会",陈龙飞副校长和中国地理学会秘书长瞿宁淑主持,就钱学森提出的地理科学为一大科学部门的建议以及其他问题,进行了热烈讨论。会议认为,钱学森从我国社会主义建设全局出发,提出地理科学这门研究人类存在基础的学问应该作为现代科学技术的又一大部门,"这样,地理科学就从地学分出来,地学仍留在自然科学这个大部门中"。这对地理科学的改革指明了方向,在我国科学的划分与地理学史上都具有重大意义。

1991年1月22日,中国地理学会邀请在京的有关地理工作者座谈钱学森关于"建立地理科学体系的建议"。陈述彭院士、陆大道研究员等地理学界老中青三代专家学者参加了座谈,并发表了部分同志的发言摘要。

1991年4月,由中国地理学会主持在北京召开了"地理科学研讨会",来自全国28个单位的代表参加了会议。钱学森和中国地理学会的负责人出席了大会。钱学森在大会开幕式上作了关于"地理科学"长篇报告,明确指出,地理科学是一个体系,它既不同于地理学,也不同于地学,它是自然科学与社会科学的汇合;建设社会主义的中国需要发展地理科学,中国"地理科学"必须面向我国社会主义建设,"地理科学"要为中国的地理建设服务,"地理科学"的发展要从整体上考虑并解决问题,从基础理论、应用理论与应用技术三个层次考虑建立"地理科学体系"。到会代表首先认为,要把地理学的改革与"地理科学体系"的建立结合起来,把发展"地理科学"与参与国家地理建设结合起来,从不同的方面,完善对"地理科学"的认识。

1991年10月27日至11月15日,为响应钱学森关于建立地理科学的号召,中国地理学会委托华东师范大学地理系在上海主办了"地理建设理论与方法研讨班"。研讨班邀请系统科学家于景元教授全面介绍了钱学森所倡导的"地理科学"和"地理建设"的主

要思想，邀请汪成为院士讲授了由钱学森提出的“从定性到定量的综合集成方法”，以及各方面的专题讲座。研讨班学员们认为，钱学森提出的地理科学建设问题非常重要。钱学森从科学哲学的角度，指出了地理科学在人类整个科学体系中的较高的地位，构筑起了地理科学的理论框架。尽管其科学内容和科学方法还有待于更多的探索，但钱学森独到的见解，精辟的论述对地理科学理论是一次大的发展，将在地理学思想史上占重要地位。

1991 年 12 月，由西北五省区地理学会联合发起在兰州大学召开了“地理科学建设与西北开发研讨会”。会议第一项议题就是“贯彻钱学森关于地理科学的体系思想，开创地理科学新天地”。与会专家取得了比较一致的看法，认为钱学森从社会主义建设的战略高度，以高度的历史责任感不适时机地提出建立地理科学体系，指出它所具有的三个层次结构和开发的复杂巨系统的特点，以及研究这样一个巨系统的综合集成方法。钱学森第一次把地理建设提到了与物质文明、政治文明和精神文明建设的高度。

1993 年 6 月，由中国地理学会主持在北京召开了“地理建设理论与方法学术研讨会”，来自全国十余所大学地理系与地理研究所的代表参加了会议。会议的主题是“进一步开展地理科学研究及认识其战略意义”。与会代表就如何进一步理解钱学森地理科学的体系与地理建设思想；如何认识地理科学研究在我国社会主义建设中的重大作用和战略意义，如何在研究地理开放复杂巨系统中正确运用钱学森从定性到定量的综合集成方法等，联系近年的实践，进行深入广泛的讨论。有代表提出：“钱学森提出的地理巨系统是包括了人与地的思想是十分重要的。国外地理研究中总是把人放在重要地位……这种研究不仅有重要的理论意义，而且也有很强的应用价值，容易引起居民和领导的注意。”“钱学森的地理系统中的整体观念和综合观念非常重要。没有整体观念就看不清局部与整体的关系，抓不住要点，突出不了特点；没有综合观念，就分不清各因素的相互关系，理不出主与次。”“钱学森所提出的地理科学以及地理学的综合化与人文化的发展趋势，要求地理学为迎接新的未来应当加强理论部分的人才培养。只有如此才有助于地理科学的发展。”

1996 年 11 月，中国地理学会等地理学术组织联合在云南省陆良县召开了“地理建设与可持续发展学术讨论会”。会议指出，钱学森院士十分关心地理建设和地理科学发展。近十年来他多次发表关于地理科学和地理建设的深邃而又精辟的见解。他认为，地理建设是使地理系统和社会系统协调发展而进行的人类活动。社会主义地理建设的任务和目标，应使地理系统能既能为社会主义文明建设持续地提供物质基础，同时又要利用社会主义物质文明、精神文明和政治文明建设的成就，加强地理建设，两者互相促进，协调发展，达到环境优化的目的。钱学森特别关注这次学术讨论会，为此写了专门信函。他指出：“对地理建设可持续发展研讨会，我想一个重要问题是：要区别地理建设与环境保护。现在人们理解得比较多的、说得比较多的是环境保护，而地理建设则是更先进，我们要改造地理环境，使它更适合我们的生活和社会要求。改造必须遵循科学规律，这科学规律就是地理科学。”钱学森的新思想成为会议讨论的热点和中心。

为了更好地宣传地理科学思想，便于人们能够更全面、正确地理解这一学术思想，

1994年编辑出版了以钱学森阐述地理科学思想的文章和书信为主的《论地理科学》一书。仅在《论地理科学》一书中公开发表的钱学森在1983年到1993年间与各界专家讨论地理科学的信件就有76封之多。

限于篇幅，我们不能大量介绍开展和推进钱学森关于地理科学和地理建设的实际情况，但是，相信通过上述各种形式的研讨会、研讨班，以及出版的著作等，我们已经看到，钱学森的地理科学思想已经在我国地理学界产生了重大而深远的影响。钱学森开创的地理科学大部门一定会在21世纪的中国蓬勃发展。

第四十七章

钱学森论建筑科学

钱学森晚年发表了大量关于城市科学和建筑科学的论述，出版了多本有关这一方面的著作，在学术界产生了很大影响，而且从提出建立城市学和山水城市构想到建筑科学大部门，以及建筑哲学、宏观建筑与微观建筑等科学概念。钱学森对城市建设问题的关注由来已久，最晚也可以追溯到他回国后写的第一篇有关建筑文章——《不到园林，怎知春色如许——谈园林学》（《人民日报》，1958 年 3 月 1 日），已有近 50 年的历程。

一、关于园林学研究

钱学森提出建立建筑科学的实践基础，主要来自两个方面：从生活的角度来讲，钱学森的青少年时代基本上生活在北京、上海、杭州和美国的现代城市，所以中国的古代建筑（皇宫）、江南园林给他的印象自然很深，早在 1958 年钱学森就发表过《不到园林，怎知春色如许——谈园林学》（以下简称“谈园林学”）的文章；从工作实践的角度来讲，20 世纪 50—60 年代他亲自组织指挥的大规模的国防基础建设，这一点尤为重要，在这场历时近 20 年的大规模基本建设过程中，钱学森不仅亲自领导和参加了许多基础设施、大型厂房和试验基地等的建设，还发表过许多具体的指导性意见。如果说前者是对建筑科学宏观上的感性的认识的话，那么后者就是微观上的理性的认识。如果联系这两个方面来看钱学森提出建立建筑科学大部门的思想，那就一点也不奇怪了。

钱学森对建筑科学的研究开始于20世纪50年代，其切入点是园林学。在他第一篇公开发表的研究建筑科学的文章"谈园林学"中，对于建筑科学、山水城市等一些基本观点就基本形成。"谈园林学"一文阐述了如下基本观点：①把中国园林和传统山水画联系起来，认为"妙在像自然又不像自然，比自然有更进一步的加工，是在提炼自然美的基础上又加以创造"；②园林学和建筑学这"两门学问都是介乎美的艺术和工程技术之间，是以工程技术为基础的美术科学"；③"我国的园林学是祖国文化遗产里的一颗明珠"，在新时代里，它"可以为广大人民服务，美化人民的生活"；④"园林学还要继续有新发展"。

1984年，钱学森又在《城市规划》杂志上发表了《园林艺术是我国创立的独特的艺术部门》一文。文章阐述了这样两个重要观点：①明确了中国的园林不仅是landscape，gardening，horticulture（景观、园技、园艺）三个方面的综合，而且是经过扬弃、上升到更高一级的艺术产物，从而在理论上首次阐明中国园林何以堪称"世界园林之母"；②系统地论述了中国园林的不同观赏尺度和层次，可以看成盆景（微型园林）、窗景、庭院园林和宫苑四个层次。钱学森这些颇具创见的文章在园林界引起了强烈的反响。

二、呼吁开展城市学的研究，建议建立城市学

关于"城市学"一词，在1979年出版的韦氏（Webster）英语大辞典中的翻译是"关于城市问题的研究"（the study of urban problems）。这说明在国外已经提出并承认了这个概念。1985年3月钱学森在北京"科技发展战略研讨会"上，提出建立城市学，开展城市学的研究。他指出：城市学是研究城市问题的科学，是一门关于技术和应用的科学。城市规划是直接改造客观世界的，而城市学则是城市规划的理论基础。钱学森进一步指出："城市学研究的对象不是一个城市，而是一个国家的城市体系。"他还强调，研究城市学必须用马克思主义哲学作指导。由此，我们不难看出钱学森所说的"城市学"与国外所说的"城市学"在概念上是不同的。

此后，钱学森先后与中国城市科学研究会鲍世行研究员、顾孟潮教授、郑州市建筑设计院总工程师杨国权、北京城市科学研究会常务副秘书长梅保华等许多位城市科学界和建筑科学界的学者专家通信讨论建立城市学的有关问题。钱学森的建议引起城市科学界广大学者、专家的重视，纷纷撰文参与讨论。在此基础上，1992年2月和3月，分别由中国城市科学研究会和北京城市科学研究会主持在天津和北京召开了关于建立城市学的座谈会。在座谈会上，许多专家、学者，就城市学的研究任务、对象、内容、步骤等方面提出了许多精辟的见解。

在钱学森的号召和推动下，城市学的研究蓬蓬勃勃地开展起来。首先是出版了刘歧、张跃庆、梅保华的《城市学》一书。该书是我国早期城市学研究的代表作。钱学森在给作者梅保华的信中说："可能因为新观点的'城市学'尚在初创时期，概念还不十分明确，所以，写《城市学》确有许多困难！更多的、更完善的城市学思想还得研究。"

十多年来，哈尔滨建筑大学唐恢一教授，按照钱学森关于建立城市学的指导思想，广泛吸收了近年来城市学研究的成果，将城市作为开放的复杂巨系统进行研究，并汲取了控制论、耗散结构论、混沌学、分形几何学等新兴学科的科学思维方法，同时引入了可持

续发展、建设山水城市等新思想，于2001年完成出版了新的《城市学》，是近年来对城市学研究有特色的学术专著之一。

三、提出山水城市构想

钱学森提出“山水城市”这个概念，最早见诸文字是出现在1990年7月31日给吴良镛院士的信。钱学森孕育山水城市构想经历了一个漫长的过程。从现在收集到的钱学森1958—1983年的书信中，我们可以看出钱学森的思想脉络，是从对祖国传统园林的热爱、感悟和研究开始的。这一期间他先后写了几篇对我国园林学、园林艺术颇具创见卓识的文章，还与我国著名园林学家陈从周教授、吴翼先生、陈明松先生等交往、交流、讲学，探讨有关中国园林的理论与实践问题。最终，他系统地阐述了中国园林的不同的观赏尺度和层次，明确了中国园林是landscape，gardening，horitculture（即景观、园技、园艺）三个方面的综合，而且经过扬弃，达到更高一级的艺术产物。从理论上首次阐明了中国园林何以堪称“世界园林之母”。与此同时，钱学森一直在思考着如何把中国园林这一优秀的文化遗产与我国的城市建筑实践结合起来的问题，从而为后来提出“山水城市”构想做好了充分的思想准备。

1990年7月下旬，钱学森从《北京日报》和《人民日报》看到关于北京菊儿胡同危房改建实践报道，引发出他近年来的想法。在1990年7月31日给吴良镛院士的信中写到：“我近年来一直在想一个问题：能不能把中国的山水诗词、中国古典园林建筑和中国的山水画融合在一起，创立‘山水城市’的概念？人们离开自然又要返回自然。社会主义的中国，能建造山水城市式的居民区。”这是钱学森第一次提出“山水城市”概念。到1992年10月2日给顾孟潮教授写信时便直接提出21世纪中国城市向何处去的大方向问题，并建议开个“山水城市讨论会”，发起对未来城市模式的大讨论，成为推动这一历程的转折点。他在10月2日的信中写到：

> 现在我看到，北京兴起的一座座长方形高楼，外表如积木块，进去到房间往外望一片灰黄，见不到绿色，连一点点蓝天也淡淡无光。难道这是中国21世纪的城市吗？
>
> 所以我很赞成吴良镛教授提出的建议：我国规划师、建筑师要学习哲学、唯物论、辩证法，要研究科学方法论。也就是要站得高看得远，总揽历史文化。这样才能独立思考，不赶时髦。对中国城市，我曾向吴教授建议：要发扬中国园林建筑，特别是皇帝的大规模园林，如颐和园、承德避暑山庄等，把整个城市建成为一座大型园林。我称之为‘山水城市’。人造的山水！当时吴教授表示感兴趣的。

钱学森提出的“山水城市”是一种思想，是一种城市建设的理念，也是一种理想，是一种未来城市建设的战略模式。它不仅是操作层次，更重要的是它的战略层次。在中国人的传统观念里“山”和“水”代表的是“大地”、“祖国”的意思，如“江山如画”、“还我河山”等等。至于“山水画”、“山水诗词”、“山水园林”中的“山水”所指的是“自然”、“景观”。在这里“山”已经不是“mountain”，“水”也不只是“water”，所以，“山水城市”是代表“人与

自然”,代表钱学森“为人民”的思想。钱学森山水城市的思想博大精深,有很大的包容性,值得广大城市科学界和建筑科学界的学术工作者长期、深入地研究探索。随着研究的不断深化,它的丰富内涵将会不断地揭示出来,因此,钱学森同意采用音译的方法把“山水城市”英译为 Shanshui City。

钱学森提出山水城市构想后,为这一学说的建立和实施,耄耋之年的钱学森仍作出了巨大努力,从 2001 年出版的《论宏观建筑与微观建筑》一书可以看出,在近 160 封(篇)书信中,完成于这一时期的多达 100 多封(篇),占总量的 70% 左右,足见钱学森对其山水城市等科学构想和学说的建构、完善、实施乃至发动推进的重视程度。尤其是 1993 年初因病不能出席“山水城市讨论会”,专门写了书面发言《社会主义中国应该建山水城市》这篇全面阐述其观点的文章,起了极大的推动作用。此后,钱学森对山水城市的理论发展和实施推动提出了一系列的构想。其间,不少相关著作的出版,一些城市开展有关山水城市建设研究和召开专题研讨会,使山水城市的理论和实践在深度和广度上大大推进了一步。

四、钱学森关于建立建筑科学大部门的思想形成轨迹

钱学森提出建立建筑科学大部门的思想,其形成过程大致可分为四个阶段:第一阶段,思想理论准备阶段 1958—1990 年;第二阶段,探索未来城市模式阶段 1990—1993 年;第三阶段,理论发展与实施推动阶段 1993—1996 年;第四阶段,理论升华阶段 1996—2000 年。

与山水城市构想的提出与深化的历程相类似,钱学森提出建立建筑科学大部门的思想,也有一个孕育形成的过程,绝不是 1996 年 6 月 4 日会见《杰出科学家钱学森论:城市学与山水城市》一书的两位主编和责任编辑时,灵机一动想出来的。

概略地讲,钱学森从 1954 年创立“工程控制论”开始,就奠定了用系统观念和方法把握建筑科学体系的良好基础。1958 年 3 月 1 日,在《人民日报》发表《不到园林,怎知春色如许——谈园林学》一文是他撰文探讨园林学和城市学的开端,从而为后来提出“山水城市”的构想做了充分的思想理论准备。1979 年指明系统科学对中国现代化建设具有重大的现实意义和深远意义,1980 年他关注工业艺术,1982 年把建筑列入文学艺术大部门。到 1985 年提出建立城市学的建议,1990 年又提出未来城市发展模式——山水城市,进而建议召开“山水城市讨论会”,引发了一场对社会主义中国未来城市模式的大讨论。在讨论会上,钱学森发表的《社会主义中国应该建山水城市》一文,全面地阐述了他对山水城市的观点。1994 年提出建筑哲学问题,1996 年提出建立建筑科学体系问题,建立建筑科学大部门问题,1998 年又提出宏观建筑与微观建筑的概念。这些都是钱学森以系统思想与系统方法,总揽建筑科技历史文化,进行研究与思考的结果。

钱学森是在已经建构起现代科学技术体系之后才提出建筑科学技术体系问题的。1994 年,他向建筑界提出要重视现代科学技术体系的问题,并推荐了《科技革命与社会革命》等文献供他们学习参考。显然钱学森是从现代科学技术体系整体及科技革命和社会革命的发展规律出发,审视和界定建筑科学应当像自然科学、社会科学那样重要,列为

第十一大科学部门。

钱学森提出建立建筑科学大部门是有充分的理论根据的。钱学森在1996年6月4日的谈话中基本回答了这个问题。他认为,“建筑真正的科学基础要讲环境等”;“建筑与人的关系,实际上是讲建筑科学技术的基础理论,即真正的建筑学”;“真正的建筑哲学应该研究建筑与人,建筑与社会的关系”;“建筑是科学技术”;“这一大部分学问是把艺术和科学揉在一起的,建筑是科学的艺术,也是艺术的科学”;“我们中国人要把这个搞清楚了,也是对人类的贡献”。钱学森关于建立建筑科学大部门思路的提出,是他对现代建筑科学理论的升华,在建筑科学发展历史上具有里程碑意义。

五、关于建筑科学的体系结构

1996年7月14日,《科技日报》发表了钱学森的《关于哲学、建筑科学、学术民主的思考》(即钱学森6月4日会见《城市学与山水城市》一书主编鲍世行、顾孟潮和责任编辑吴小亚的)一文中提出:“我们是不是可以建立一门科学,就是真正的建筑科学,它要包括的第一层次是真正的建筑学;第二层次是建筑技术性理论包括城市学;然后第三层次是工程技术包括城市规划。三个层次,最后是哲学概括。这一大部门学问是把艺术和科学揉在一起的,建筑是科学的艺术,也是艺术的科学。所以搞建筑是了不起的。这是伟大的任务。我们中国人要把这个搞清楚了,也是对人类的贡献。我们有五千年的文明史,一定要用历史的观点来看问题。要看到人以及人所需要的建筑。建立一个大的科学部门,不只是一两门学科。这么看来,我原来建议建立十大部门,现在是十一大部门了。”这是钱学森第一次清晰地提出建立建筑科学大部门的。完全按照现代科学技术体系的层次结构,对建筑科学大部门作了完整的阐述。按照钱学森关于建筑科学的体系结构列表47-1。

表47-1 建筑科学体系结构

哲　　学	马克思主义哲学
桥　　梁	建筑哲学
基础科学	建筑学
技术科学	城市学 园林学
工程技术	建筑设计 城市规划设计 市政工程建设 园林设计

六、关于建筑哲学

在这次谈话中钱学森所说的“最后是哲学概括”,即建筑科学通往现代科学技术体系的最高概括马克思主义哲学的桥梁——建筑哲学。钱学森认为:“建筑与人的关系,实际

上是讲建筑科学技术的基础理论，即真正的建筑学。再进一步把建筑科学提高到哲学，概括到哲学。""真正的建筑哲学应该研究建筑与人、建筑与社会的关系。从前封建社会的皇帝，他对建筑是什么观点？显然，不可能和我们的观点相同，因为他是统治者……而我们的建筑为的是人民，为人民服务。"实际上建筑也是为社会制度服务的。钱学森认为："所有这些桥梁都是马克思主义哲学的基础构成部分。它们与马克思主义哲学的核心——辩证唯物主义一起，组成了马克思主义的哲学大厦。"这也就是钱学森提出建立建筑科学大部门思路的同时，强调研究建筑哲学的原因。

1997 年 3 月 16 日，钱学森在给顾孟潮同志的信中强调："建筑哲学是建筑科学技术大部门的领头学科，大家要好好思考，包括您的听讲学生。"在此之前钱学森已把建筑哲学看作是建筑科学通往马克思主义哲学的"桥梁"和建筑艺术的"最高台阶"。钱学森主张，研究建筑科学必须定性与定量相结合，正确处理开放的复杂巨系统与其众多子系统的关系，因为"现代城市是一个开放的复杂巨系统"建筑科学大部门理所当然的更是开放的复杂巨系统，绝不能当简单系统对待之。

七、宏观建筑与微观建筑的理论与实践问题

钱学森关于"宏观建筑"与"微观建筑"的理论问题是在 1998 年 5 月 5 日给顾孟潮、鲍世行同志的信中提出的。他说："我近日想到的一个问题是，如何把建筑和城市科学统归于我们所说的'建筑科学'，同时又提高山水城市概念到不只是利用自然地形，依山傍水，而是人造山和水，这才是高级的山水城市。我建议将'城市科学'改称为'宏观建筑(macroarchitecture)'，而现在通称的'建筑'为'微观建筑(microarchitecture)'。这是提高一步，二位以为如何(人造山即大型建筑)？"显然，钱学森这里是为建筑科学大部门，在具体界定建筑科学技术体系之中的关键术语概念的内涵和外延，给予科学的定义，仍属于建筑科学基础理论研究中第一位和第一步的工作，值得建筑界的朋友给予足够的重视与研究。钱学森这一创议体现了"科学是内在整体"的普遍规律(我们过去对建筑与城市科学的划分何尝不是如此呢)；在建筑科学范畴内，把还原观和系统观结合起来，不仅重视还原分析也重视系统综合地处理科研对象；确立了建筑哲学在建筑科学大部门中的领头学科地位。

第四十八章

钱学森与中国的科学学

国内外科学学界一致公认钱学森是中国科学学的开创者。1977年12月29日《人民日报》发表了钱学森的文章——《现代科学技术》，在中国第一次明确地提出了科学学的命题。随后，他又发表了《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》、《建立和发展马克思主义科学学》等开拓性文章，对科学学的研究对象和范围作了界定。他首先提出三个方面的研究或三个分支学科：即科学技术体系学，科学能力学和政治科学学。科学学在中国的兴起不是偶然的，但它经历了漫长而曲折的道路。

一、钱学森催生了中国的科学学，第一个从学科建设的角度作了清晰的阐述

科学学的出现，使20世纪的科学发展史揭开了新的一页，现代科学开始了"自我认识"的新阶段。科学学发萌于20世纪30年代。稍前，波兰社会学家F·兹纳涅茨基与1925年发表了《知识科学的对象与任务》一文，首先提出了"科学学"这一名称。1927年，波兰逻辑学家T·科塔尔宾斯基又使用了类似的学科名称"科学的科学"。1935年，奥索夫斯基夫妇撰文《科学的科学》，论述了这一学科的研究范围。从20世纪30年代末到60年代初，英国物理学家J·D·贝尔纳（J. D. Bernal，1901－1971）发表了《科学的社会功能》、《历史上的科学》。美国社会学家R·K·默顿（R. K. Merton）发表了《17世纪英国科学技术和社会》，美国著名科学哲学家T·库恩（T. Kuhn）发表了《科学革命的结构》，美国科学史学家D·普赖斯（Derek de Sollo Price）等对科学学进行了全面的理论研究。D·普赖斯在科学学方面的主要著作有：

《巴比伦以来的科学》、《小科学、大科学》以及《科学的科学》等学术著作。科学学作为一门新兴的科学，开始形成自己的理论体系，到20世纪60年代得到广泛的发展，受到各国科学家和科学组织的重视。

在我国，学术界公认科学学研究和开展活动是从1977年开始的。20世纪70年代后期，以钱学森为代表的我国科学研究工作者和组织工作者大力倡导和研究科学学，逐步受到科学技术部门和学术界的注意。大家认为，科学学是与我国科学技术现代化，乃至整个国家现代化至关重要的一门新兴的交叉科学。钱学森便是推动我国科学学研究热潮的突出人物。钱学森《现代科学技术》一文的发表，为我国科学学研究奠定了基础。

其实，在20世纪50年代后期到60年代前期，我国的理论工作者对科学哲学和科学政策的理论研究逐步展开。此时，钱学森发表了《论技术科学》(《科学通报》，1957年第4期)这篇重要论文，研究探讨了科学的性质和特点，在科技界产生了很大影响。1963年发表了《科学技术的组织管理工作》，1964年发表了《大规模的科学实验工作》等重要论文。特别是《大规模的科学实验工作》一文，学术界认为这是我国第一篇有影响的科学学论文，它表明中国科学学已在萌芽之中了。然而，由于后来"文化大革命"的干扰破坏，使尚在襁褓中的中国科学学未能成长起来。

国际科学学界的权威性刊物《科学、技术和人类价值》(Science、Technology & Human-values)是美国麻省理工学院"科学、技术与社会"专题和哈佛大学肯尼迪政府研究生院的联合刊物。该刊1981年第6卷第35期《国际专栏》，同时刊登了德国科学社会学家万英加特(P. Weingart)和瑞典科学政策学家厄尔英加(A. Elzinga)撰写的两篇同名文章《科学学在中国》。万英加特曾于1980年8月来我国访问、讲学、同我国科学学工作者进行了广泛的接触。他在文章中写道："正当美国和欧洲仍在为科学学得到机构化和专业化方面的支持和承认而奋斗之际，中国学者却毫无困扰地跨入了这一领域；正当我们焦急地期待着自然科学家的赞同(或者至少是关心)时，中国科学学机构的设立却首先归功于中国科学院力学研究所所长钱学森。另一位著名科学家钱三强也加入了支持者的行列。就该领域作为一个研究范畴的机构化水平而言，科学学在中国有着光明的未来。"

同期《科学、技术和人类价值》杂志上登载的另一篇题为《科学学在中国》的文章，作者系瑞典哥德堡大学科学理论系厄尔英加教授，1980年9月来我国进行了两周访问，在北京会见了一些著名科学家和科学技术界的领导。厄尔英加教授在文章写道："中国早在1963—1966年就开始了对科学哲学和科学管理的研究，在美国受过教育的航空工程师钱学森曾试图推动科学学的发展，这门学科当时在国际上十分流行。然而，一直到1978年也未出现任何科学学的正规活动和一本教科书。在'文革'期间(1966—1976)，很多积极从事这一领域研究的人员遭到迫害。目前，自然科学史作为一门学术研究领域已重新兴旺起来。"

此外，还有一些国外刊物以不同形式介绍了科学学在中国的发展。如瑞士科学政策基金会主办的《科学政策展望》杂志1981年第1期介绍了钱学森发表在《科研管理》杂志1980年第1期上的文章《建立和发展马克思主义科学学》，并写道："中国著名的空气动力学家钱学森号召在中国发展一门新型学科——科学学。这门学科在美国被称为'科学

社会学’，主要研究管理科学技术活动的规律及科学技术与社会发展之间的关系。钱学森说，这将有助于提高中国科学技术的组织管理水平，加速实现现代化。他指出：科学技术本身不是生产力，但能够转化为生产力。中国必须在经济管理方面进行改革，使科学技术能够更好地应用于生产。”20 世纪 80 年代初期瑞典和罗马尼亚等国的刊物也介绍了钱学森关于科学学，特别是现代科学技术体系的学术思想和研究成果。

科学学的学科建设，首先是钱学森提出来的。1978 年 3 月，全国科学大会前夕，我国开始了社会主义建设的新时期。科学技术现代化成为全国人民面临的紧迫任务。就是在我国科学的春天即将来临之际，钱学森著文《现代科学技术》指出：“当现代科学技术已经发展到高度综合而又有基础到应用的严密结构的体系，就应该有一门代替消亡了的自然哲学的学问，专门研究科学技术体系的组织结构，研究体系逻辑性和严谨性研究科学技术与哲学的联系等。这也可以称为‘科学的科学’。这门学问在以前不会有，因为自然科学没有形成体系，当然也不会有研究体系的学问。”在钱学森的指引下，许多有才华（如后来成为著名科学学学者的赵红州教授等）的中青年学者投身于科学学的研究，于是，科学学作为一门相对独立、自成体系的新兴学科在我国出现。

1979 年 1 月，钱学森发表了重要文章《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》（《哲学研究》，1979 年第 1 期），开宗明义地指出：“对于如何加速发展我国科学技术，大家议论很多……也就是如何把人类社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践所总结出来的学问，包括自然科学、社会科学和工程技术，按照马克思列宁主义和毛泽东思想的立场、观点和方法，组织成为一个科学的、完整的体系的问题。这当然是一个大问题，要解决这个问题无非为了能更好地掌握现代科学技术的规律，能动地推动我国科学技术的高速发展，实现四个现代化。”

正在我国科学学研究的起步阶段，钱学森适时地指明了国外科学学研究中存在的问题，对我国科学学研究工作提出了指导意见。他说：“在国外，科学学是搞得颇为热烈的，但是应用技术和科学理论不分，内容庞杂，不成其为一门严肃、严密而精确的科学。我认为应该首先把技术和科学理论区分开，也就是把那一部分属于科学技术研究的组织管理技术分出来，明确科学学是科研系统工程的一个主要基础，是科学，不属技术。讲组织管理科学技术的研究就不是科学学，而是研究系统工程，而这除了要运用科学学之外，还要引用经济科学以及其他有关科学技术。”对于科学学该是什么样的一门科学，钱学森说：“就是把科学技术的研究作为人类社会活动的一个方面来考察，研究和总结其运动变化的规律。既然是研究社会活动的一个方面，科学学是社会科学，不是自然科学。”我们应该“从理论上概括科学史研究的成果，分析各国科学技术研究的现象，总结我国科学技术工作的实践经验”。钱学森以乐观的态度鼓励大家说：“马克思主义的科学学不是现成的，而是要我们努力去创建的一门科学。我们面临的任务在其艰巨性方面，绝不亚于马克思当年研究政治经济学，当然时代不同了，马克思几乎是孤军奋战，而我们则可以建立一个研究所，并发动全国有关力量，浩浩荡荡向科学学进军。我们一定能在不长的时间内，取得较大的成果。”

1979 年 7 月，在北京举行了全国第一次科学学学术讨论会，这是由中国科学院学部办

公室、中国自然辩证法研究会筹委会和《自然辩证法通信》杂志社共同发起的。来自全国60多个单位的90多位代表踊跃参加了会议。钱学森在会上作了题为《关于建立和发展马克思主义的科学学问题》(《科研管理》,1980年第1期)的长篇报告,报告首先指出:"科学学是把科学技术作为人类社会活动来研究的,研究科学技术活动的规律,以及它与整个社会发展的关系。"他强调指出,因为科学学是一门社会科学,必须要"用马克思列宁主义,毛泽东思想的立场、观点和方法来研究科学学"。在这篇报告中,钱学森不仅提出了科学学的基本含义,而且还指明了科学学的指导思想和马克思主义者从事科学学研究应有正确态度。使我国科学学的传播和研究工作有了一个良好的开端。

1980年6月,钱学森出席了在北京举行的科学研究会成立大会,并在会上作了学术讲演。至此,我国科学学的研究和开展活动的社会建制化过程逐步走上正轨,有关的组织机构渐具规模,初步形成网络,步入健康发展阶段。

1980年11月至12月,全国第二次科学学学术讨论会在安徽合肥举行,因工作繁忙,钱学森无法亲临会议,但他为此在北京接受了记者专访,对会议提出了意见和希望。

1982年6月,中国科学学和科技政策研究会正式成立。29个省、市、中央部门,高等院校的代表出席了会议,会议推选钱学森、童大林等为顾问,钱三强为理事长。其工作机构设学术委员会、出版委员会、科技人才专业委员会、科技管理专业委员会、科技政策专业委员会、科学学理论专业委员会全国研究会的成立,标志着中国科学学和科技政策的研究进入了一个新的发展阶段。

二、关于科学学的研究对象和领域

科学学并不研究各门具体科学,而是把科学作为一个完整的体系来考察,着重研究整个科学体系外部和内部的联系,并注意联系的结构、层次和变化。几百年来,科学的分化虽然是科学进步的表现,可是也造成了对客观世界有机整体认识的人为割裂,破坏了其中某些必然的联系。科学学正在再现这种整体联系,这是现代科学整体化趋势的一种反映,也是人们认识深化的结果。科学学能够帮助科学家和科学组织者从自立门户的狭隘专业中走出来,开阔视野,扩大思路,这对科学研究和组织管理是十分有益的。用钱学森的话说:"我们研究科学学主要是为了提高我们的科技组织管理水平,加速实现我国科学技术现代化。"(《论系统工程》,第190页)

科学是一种重要而特殊的社会现象。科学学把科学放在整个社会有机体中去考察,探讨科学与其他各种社会现象的相互联系和相互作用。现代科学技术高度社会化,现代社会日益科学化,这两种过程互为因果,相辅相成,促使科学的社会地位和作用不断提高。科学学正是从科学与社会的紧密联系中去区别科学的特征,去把握科学的相对独立性,去认识科学对社会的巨大推动作用,从而正确地驾驭科学的发展。一般说来,科学受经济的制约,为政治服务,脱离一定的经济条件,超脱于一定政治制度的科学是不存在的。科学技术应当与经济、社会协调发展,这是十分重要的。

钱学森继而还对科学学的深度和广度作了许多探讨。他说:"既然科学学是研究科学技术活动的一门社会科学,它就是一门科学,它不是一门直接改客观世界的工程技术。有

没有一门这方面的工程技术呢？有的，而且是一门在现代社会中有非常重要意义的工程技术，即科技研究的组织管理技术，我把它叫作科研系统工程，是系统工程这一类新的工程技术之一。要搞好科研系统工程当然要研究科学学，不然就没有理论基础。"（《论系统工程》，第190页）这就阐明了科学学与科研系统工程是基础理论与实践应用的关系，也指出科学学工作者也可能直接解决我国当前科技组织管理问题，否则也许会欲速不达。

在我国开展科学学研究的早期，钱学森提出一个的与众不同的、却十分重要的问题是："科学学包括不包括社会科学的研究活动？我认为科学学的研究应该包括这一部分社会活动。科学学不能只是自然科学的科学学，科学学也是社会科学的科学学，而且也是技术科学和工程技术以及哲学的科学学。"（《论系统工程》，第191页）这不仅能促进社会科学的发展，而且必将推动社会科学与自然科学的结合——科学一体化的进程。钱学森认为，社会科学和自然科学有它共同的本质和发展规律，也有各自不同的特殊本质和发展规律，应当有一门学科，从总体上研究社会科学的结构、功能、本质和发展规律，可以称之为社会科学学。

为了让人们更加准确地理解和把握科学学的研究领域，钱学森明确地指出，科学学不是自然辩证法。科学学是研究科学技术这一社会活动，不是研究科学技术本身，所以也不去搞科学研究中的方法论。

三、科学学的三大分支学科

在20世纪80年代初期，钱学森多次提到马克思主义的科学学应该有三个方面的研究或三个分支学科：即科学技术体系学，科学能力学和政治科学学。

1. 科学技术体系学

钱学森说："我想科学学的一个重要内容是科学技术体系学，也就是科学技术的分门别类，各门学科之间的相互联系，科学体系的发展，演变，新科学的成长和老科学的消亡或重新划分。这当然与研究整个科学技术的活动有关，所以是科学学的一个重要内容。科学技术的各个学科组合成为一个整体的、联系的体系。"（《论系统工程》，第192页）根据钱学森的启示，我们可以认为科学技术体系学，主要研究整个科学技术体系的运动和变化规律，它的形成过程和发展趋势；分析整个科学技术体系的结构关系，整体与各学科以及各学科之间的相互作用，确立各门学科在整个科学技术体系中的地位和作用，深入分析各门学科相互渗透的效应，揭示科学成果和科学方法在各门学科中转移的途径；研究科学的产生、发展和消亡的规律以及不断变化的学科分类原则等等。几十年来，钱学森对科学技术体系学作了深入的研究，并且取得了举世公认的成果，建立了钱学森现代科学技术体系。

2. 科学能力学

钱学森首先提出"科学能力学"这一科学学分支学科的概念。他认为科学能力学是专门研究科学技术研究力量的形成的，研究科学技术的内在规律的。因为是内在规律，科学技术组织内部的关系，所以它是相对独立于社会制度的。这就使我们可以吸取资本主义国家几百年来实践的经验，并由实践经验总结出来的一套规律，为我所用。

科学能力学的研究内容基本上应该包括科学家队伍的集团研究能力，实验技术装备的质量，图书情报系统的效率、科研组织结构的特点和发展趋势，科研系统的正确结构和科研机构的合理布局，基层组织和劳动结构的最佳安排，必须研究现代科学劳动的特点，科研管理的原则和内容、方法，以及全民族的科学教育水平等等。

钱学森特别强调："科学技术研究的内在规律中有一个非常重要的问题，科学革命的问题。这是美国科学家 T·S·库恩首先阐明的一个概念：说明科学理论的发展也正如一切事物一样是一个量变到质变的过程。"这种质变就是科学革命，它是推动科学技术发展的一股强大动力，所以科学革命是科学技术研究中一个极为重要的内在规律，而研究科学革命是科学能力学的一项重要任务。

3. 政治科学学

钱学森在《关于建立和发展马克思主义的科学学问题》一文中对政治科学学的概念作了比较系统的阐述："科学学的又一个非常重要的内容是科学技术与生产力，科学技术与上层建筑的相互作用，这当然是与社会制度密切相关的，可以称之为政治科学学。科学学的这一个分支只有马克思列宁主义的理论为指导才能取得研究成果，这是不能引进资本主义国家的现成的研究结果的。"

"我们遇到的一个重要问题是科学技术与生产的关系。一般将科学技术是生产力，但是不是直接生产力呢？直接的生产力是人和生产工具，所以科学技术要成为生产力还要通过人或生产工具，以及用科学技术来更好地把人和生产工具组织到生产过程中去。也就是要用科学技术武装人，要用科学技术设计、制造更好的生产工具，要用科学技术提高生产组织管理水平。这是要能动地推进的，不是自然而然的，科学技术不会自己变成生产力。这是我国目前的一个大问题，大量科研成果用不到实际生产中去。这就需要改革经济管理制度。"在新的历史时期刚刚开始，钱学森提出如此深刻的问题，应该说是非常富有远见的。

钱学森还指出，政治科学学的一个重要理论问题是搞清技术革命这个概念，技术革命是毛主席在 1969 年的一个批示上提出的，毛主席说要区别科学革命和技术革命，后者是指技术上的重大变革，如蒸汽机、电力、现在的核能。蒸汽机的出现推动了产业革命，电力的出现进一步大大发展了生产力，把资本主义推向垄断资本主义。两次历史上的技术革命都极大地提高了社会生产力，使资本主义的生产关系和上层建筑更加不适应于生产力的发展，现在的核能技术革命也必然如此，现在正在进行的一场电子计算机技术革命也只能如此，因此，深入研究技术革命的理论，是政治科学学的一项重要任务。

钱学森还指出，我们当然不能只看到科学技术对生产力发展和上层建筑的推动作用，也要看到上层建筑对科学技术的反作用。我国科学技术工作中存在的许多问题，政治科学学要研究这方面的问题。这是政治科学学的又一个重要研究课题。

社会上层建筑对科学技术活动的又一重要影响是军事科学技术研究在整体科学技术研究中所占的比重。这是我们研究科学学必须注意的一个方面，也是政治科学学的一大课题。

从钱学森倡导开展科学学研究以来，历史的车轮已经转过了四分之一世纪。现在，

科学学已进入常规发展阶段，先后出现了科学社会学、科学政策学、科研管理学、科学情报学、科学预测学、科学法学、科学心理学、科学逻辑学、科学教育、科学文艺学、科学美学、科学语言学、科学伦理学、科学人口学、学派学等等。在国外，有人把研究科学的两门传统科学：科学技术史和科学哲学也列入科学学的基本组成部分。不过，钱学森对这一点是有他自己的看法的。他说："我们是把科学学研究的科学技术社会活动从近代科学算起的，因为只有从意大利文艺复兴以后，科学技术才具有我们现在所说的概念。当然近代科学技术以至现代科学技术都吸取了古代科学技术的成果，所以研究古代科学技术史也是必要，但那也许不属于我们所谈的科学学的范围了。"（《论系统工程》，第 200 ~ 201 页）

关于科学学的内容，1982 年钱学森在《研究社会主义精神文明财富创造事业的学问——文化学》一文中作了重要补充。他说："大家对科学学的内容看法不完全一致，各家著述各有取舍，但总的说来还是认为，科学学是把科学技术工作作为人类社会活动的一个方面来研究的。我自己曾把科学学再细分为几个部分，讲现代科学技术体系的叫科学技术体系学，讲现代科学技术力量的构成的叫科学能力学，讲现代科学技术与社会进步的关系的叫政治科学学。这样划分科学学的内容，也不见得全面。我现在想，当代科学技术的行政管理工作中常常出现这样的要求：当一项科技工作进行到一定程度、初见端倪的时候，应对其最后成果的社会作用作出估价。做到这一点自然不容易，但对计划工作、人力物力的配备却很重要。这又可以成为科学学的一个分支，可以称之为数量科学学。"钱学森的这一补充的实质是把各种数学、统计方法引入到科学学的研究之中。

一、钱学森的软科学研究实践与软科学观
二、软科学的研究范围与研究方法，以及工作程序(特点)
三、软科学——正在成为中国科学技术的重要组成部分

第四十九章 钱学森与中国的软科学

钱学森的软科学研究首先是从实践开始的。20世纪70年代末到80年代前期，他支持和指导以宋健院士等为首的从事控制理论研究的专家，对我国人口问题作了科学的预测与控制研究；他支持和指导航天部710研究所完成了国家宏观经济最优控制模型，财政补贴、价格、工资综合平衡模型等。这些软科学研究成果，为我国经济体制改革的决策提供了科学依据，受到了中央领导的充分肯定。

1986年7月，钱学森在全国软科学研究工作座谈会上发表了题为《软科学是新兴的科学技术》讲话，1987年10月21日，他在北京图书馆新馆落成开馆仪式上发表了《软科学是定性与定量相结合的系统科学》讲话。这两篇讲话从概念上、内容、理论与方法等方面对软科学作了比较全面的阐述。

钱学森认为，改造客观世界的学问是技术。技术科学应该包括“软科学”。什么叫“软科学”？他认为实际是社会科学的应用。软科学是一门新兴的高度综合的科学，涉及自然科学、社会科学等诸多领域。它运用计算机等现代科技手段和系统论、社会工程等现代科学方法，为各层次的决策和管理提供科学依据和优化方案，这是研究决策的科学，是使决策通向民主化、制度化的桥梁。软科学的发展，必将推动我国决策科学化与民主化的进程。

一、钱学森的软科学研究实践与软科学观

1. 钱学森指导的两项软科学实践成功案例

钱学森对软科学研究首先始于他指导的两项软科学实践的成功案例。第一个软科学研究的成功案例是，20世纪70年代末，他热情支持和指导以宋健等为首的一些从事控制理论研究的专家，对我国人口

问题作的科学预测与控制研究。众所周知，人口问题是我国面临的严重问题之一，如何进行计划生育以控制人口的增长，如何使人口增长与经济协调发展等等问题，直接关系到四个现代化的进程。宋健等人的研究预测表明：即便实行独生子女政策，或是把总和的生育率控制在1.5胎，到20世纪末我国的人口仍有可能突破12亿，因此计划生育工作绝不可有丝毫放松；还预测说，到21世纪20—50年代，我国将承受13亿～14亿人口和老龄化社会的压力。这项人口预测的研究报告建议，为了达到20世纪末将人口控制在12亿这个目标，到21世纪保持在10亿以下，必须从现在起经过三四代人的不懈努力。这些科学的预测，为我国制定正确的人口政策提供了科学的依据。在国内外学术界认为，这项研究是自然科学与社会科学一体化的典型，是重要的和有价值的。

第二个软科学研究的成功案例是，20世纪80年代前期，他支持和指导航天部710研究所完成了国家宏观经济最优控制模型，财政补贴、价格、工资综合平衡模型，以及1985年我国经济发展年度预测等。这些软科学研究成果，为我国经济体制改革的决策提供了科学依据，受到了中央领导的充分肯定。其中国家宏观经济最优控制模型，成为国家制定"七五"计划的重要参考资料。1985年5月，这个模型给出的"七五"期间优化计算的主要结果和1986年4月六届人大四次会议通过的"七五"计划各项数据诸如基建投资、更新改造投资，1990年工农业总产值、1990年国民收入等，两者之间的精度竟相差无几。这个模型还利用财政补贴、价格、工资综合平衡模型，作了105种政策模拟，提出预见性结论说，只要农业发展速度每年达到增长6%，轻工业增长7%，重工业增长8%，调整物价和工资，理顺粮油销售价格，就会促进发展，增加财政收入，而不至于搞乱经济、降低人民生活水平。这些预见，后来的事实证明是正确的。

2. 关于软科学的性质及其理论与方法

软科学是一门高度综合的新兴学科。软科学这个术语，最早出现于日本1971年版《科学技术白皮书》，软科学一词是借用电子计算机的"软件"而得名。关于软科学的定义至今尚无定论。日本学者给软科学下的定义是："软科学是一门新的综合性科学技术，它以阐明现代社会复杂的政策课题为目的，应用信息科学、行为科学、系统工程、社会工程、经营工程等正在急速发展的与决策科学化有关的各个领域的理论或方法，靠自然科学的方法对包括人和社会现象在内的广泛范围的对象进行跨学科的研究工作。"国内学术界对软科学一词尚有不同看法，但对软科学的内涵、作用的认识还是比较一致的。许多事实表明，软科学研究对决策科学化、民主化以及组织管理现代化，具有重要的现实意义和深远的影响。

1986年，钱学森在全国软科学研究工作座谈会上发表了题为《软科学是新兴的科学技术》讲话，开宗明义地讲道："软科学作为一门新兴的科学技术，可以在我国社会主义建设中解决组织、管理和决策方面的问题，为领导提出咨询意见。所以，软科学不只是科学，还包含许多技术工作，实际上是软科学技术。软科学是社会科学的应用，所以，也可以称为社会技术。这就是软科学的性质。"他认为软科学是作为现代科学技术的一个大部门的系统科学在整个社会经济发展大系统中，在组织、管理、规划等方面的应用。它也是技术，可以称为软科学技术。从它的重要性来看，软科学实际上是一项技术革命，是软

的技术革命。他说："中国有句老话叫作'一本万利'，真正的一本万利是系统工程，是软科学。这个观念，我们要树立起来。软科学和软科学技术包括系统工程和与之相关的系统理论，例如运筹学、系统论、控制论、信息论等。软科学的基础理论，则是更高层次的系统学。系统学再上升就是哲学，哲学的最高层次是系统论，它的核心就是辩证唯物主义。我认为，这是我们应该有的立场观点。"

软科学是技术科学，软科学也是应用科学，这是软科学的主干。因为它是应用科学，所以又是交叉科学。软科学要吸收各种科学的有益东西，所以软科学在自身的发展中也要注意其他学科的发展，如高技术、数学、军事学、思维科学、行为科学与文艺理论等。

钱学森还指出，我国进行软科学的研究有得天独厚的条件，尤其在宏观决策方面，是西方国家不可比拟的。在那里由于他们的社会制度，决定了他们往往受到一定的私人集团利益的制约，带有一定的倾向性，因而丧失了客观性和科学性。我们的社会制度和他们的有根本区别。一切从国家和人民的利益出发是我们进行宏观预测的指导思想。因此，当我们看到一些西方国家对软科学研究进行反面议论时，一不要动摇我们搞软科学研究的信心。二要真正结合中国的实际，开展软科学研究。

最后，钱学森指出，软科学在我国刚刚兴起，但已经在宏观决策中显示出了威力，为促进这一科学的发展，一方面要注意决策理论的研究，另一方面要在大专院校开设专业。从现在开始注意加强软科学人才的培养。

钱学森对软科学的形成与发展作了一番考察之后，对软科学及其方法，理论作了阐述。他说："日本的科学家们提出了一个新名词叫'软科学'。软科学及其方法，理论，开始是在资本主义国家发展起来的，用于企业的内部决策，很有效，但是，当他们把软科学用到国家规模上去时，问题就出来了。1984 年一位外国科学家对他们大范围的预测提出了批评：'大量的事实已经表明，在现实的经济中产生的结果与专家们所预测的结果相差甚远。这些专家利用了大规模的经济模型、高深的数学、大型计算机等等，尽管如此，预测还是被证明是错了——大大地错了。'原因是什么？我看是社会问题……就是说我们社会主义国家搞软科学，有得天独厚的条件，我们的党和国家是从全体人民利益出发来考虑问题的，所以科学决策和充分发展软科学，在我们国家就能真正做到，就是我们的一个根本优势。"

软科学实际上是现代科学技术体系中一个大部门——系统科学的应用，它包括直接改造客观世界的技术——各种系统工程和与系统工程直接有关的基础理论（或叫应用科学），像运筹学、控制论、信息论等等，这些都在软科学（或叫软科学技术）的范围之内。

钱学森说："在应用科学层次上是不是还有更基础的理论？我认为软科学有更高的基础理论，那就是系统科学这一科学大部门中的基础科学，即系统学。系统学再上升，就是哲学，系统科学的哲学就是系统论。"

二、软科学的研究范围与研究方法，以及工作程序（特点）

软科学的研究范围很大。钱学森认为社会主义国家有八个方面的功能：第一，就是社会主义物质财富的生产事业，包括农业和工业；第二，就是社会主义精神文明建设，或

叫社会主义精神财富的创造事业;第三,为第一方面、第二方面作后勤服务工作的第三产业;第四,就是国家和各级行政管理机构;第五,是社会主义的法制;第六个方面是国际交往;第七个方面就是国防;第八个方面是环境问题。这八个方面的工作,比我们一般论述软科学研究的范围要广,这就是建设我们社会主义国家的学问。这学问实际上是应用科学,它具体到怎么去管理国家,用什么方法预测、管理、组织这些问题,是系统工程,或软科学。这八个方面都有理论性的学问,这门学问就是社会主义国家学。同时,要有具体的技术,即系统工程或者软技术。这些就是我们软科学要研究的大范围。从这个意义上说,软科学是研究如何建设社会主义国家、管好社会主义国家的科学体系。

真正搞好软科学研究,离不开三个要素:第一个要素是信息、情报资料,情况要搞清楚。第二个要素是,一定要有渠道收集专家的经验与判断,为了做到定性与定量相结合,专家的意见非常重要。第三个要素是要定量,定量就是建立模型,或者说要把软件搞起来,这联系到数学的理论。为了具备这三个要素——信息、专家、系统工程,就要在搜集资料以后,请专家讨论,提看法和意见;然后,根据专家的意见来建立模型,上电子计算机计算;算的结果,再请专家来评审,再改进,再建模型,反复进行。这个过程,就是理论与实际相结合,定性与定量相结合的过程。这就是软科学工作在我们社会主义国家的工作程序。

三、软科学——正在成为中国科学技术的重要组成部分

钱学森认为,软科学涉及自然科学、社会科学和工程技术诸多领域,是运用现代知识体系为解决各类复杂实践问题的一门综合科学技术。软科学是随着新技术革命在全球的汹涌浪潮而蓬勃兴起,是现代社会实践的经验、知识和智慧的结晶,是人类文明达到一定程度的产物。软科学综合运用了人类知识库容和当代最新科技成果,集成群体智慧,引入决策过程之中,进行多视角、多层次的系统分析,把握事物的本质属性,揭示内在的有机联系和运动规律,从思想、理论、方法和手段等方面提供跨领域、全过程的决策支持,使科学研究和决策行为完善地统一起来,指导人类社会实践。

科技经济一体化是当代科学技术发展的一个主要特征。软科学具有综合性、实践应用性的特点,它已成为人们把科学技术应用于社会实践的重要途径,成为科技与经济相结合的重要纽带。它有助于优化现有生产力布局,有助于推动潜在生产力向现实生产力的转化。20 年来的成就和经验充分说明,软科学在改革开放这一宏伟而极其复杂的实践中,以其综合集成多学科的优势,迅速强化和引导了现实经济工作对科学技术的需求拉动,成为推动经济发展的新动力。它为我国诸多重大决策问题提供服务,对国民经济各层次的健康有序发展起到了极其重要的指导和预测作用。它所释放的巨大能量,有力地推动了科技、经济与社会的协调发展。

软科学正在成为我国社会主义物质文明、政治文明和精神文明建设的一大基石。第一,它带动和掀起了决策科学化、民主化的良好社会风尚,促进党和政府进一步解放思想,实事求是,进一步尊重知识、尊重科学、尊重人才,实施一系列符合中国实际的重要政策措施,激发了广大人民群众的积极性和创造性,有力地推动了我国现代化建设和政治

文明建设。第二,20 年来,在改革开放深入实施的过程中,针对实践中涌现出的大量新问题,软科学一批丰硕研究成果在实践中得到应用,取得了明显的经济效益和社会效益。第三,作为跨部门、跨行业、跨地区的开放的复杂系统研究,软科学研究已经和正在形成一支高水平的科研队伍,引导了科技产业的兴起和发展,这一以产生新思想、新理论、新观点、新政策等各种智力产品为主的新兴产业,正在成为我国社会主义市场经济体制中的一支生力军。

在新的历史时期我们面临的矛盾问题很多,任务非常艰巨,为保证在民主集中制基础上进行决策的正确性,必须有科学的支持。软科学的思想方法可以在更深层次上、更大范围内完善民主集中制,使我们更加自觉地协调好民主和集中的关系,更加有秩序、有步骤地遵循这一制度,使民主的范围更为广泛,集中的意见更为正确,避免那种忽视民主的主观臆断和官僚主义以及忽视集中的极端民主化两种错误倾向。

软科学的广泛应用和普及,不仅有力促进了经济发展,而且引起了良好的社会效应。它大大拓宽了人们的视野,促进我们对先进知识和经验的了解和应用,促使人们思想观念的不断更新转变,建立起科学文明的行为规范和健康和谐的社会生活方式。它还有助于在全社会树立民主科学决策意识,启迪人们创造性思维,充实人类精神文化。只有培养现代决策意识和决策行为,才能根除落后和愚昧,真正落实党中央提出的科学发展观,最终建立起民主与科学相统一的社会主义政治体制。软科学的发展,必将进一步增进我国社会主义物质文明、政治文明和精神文明的协调发展。

第五十章

钱学森论情报科学技术和信息产业

钱学森对情报信息工作的重视由来已久。早年在美国从事科学技术研究工作的时候，就特别重视掌握和利用最新的信息资料。归国以后坚持宣传情报工作重要性，始终紧抓情报信息工作。20世纪60年代发表了《科学技术的组织管理工作》；20世纪70年代发表了《情报资料、图书、文献和档案工作的现代化及其影响》；特别是1983年发表的《科技情报工作的科学技术》在情报科学技术和信息产业界产生了很大的影响。1983—1984年在国防科技情报研究所举办了情报信息研究班，连续举行了40多次学术讨论会，对深入理解情报科学技术和信息产业起了很好的推动作用。

一、情报信息事业的建设是关系全局的大问题；"信息情报是第五次产业革命的核心"

在20世纪70年代末到80年代前期，钱学森就非常乐观地展望了情报信息事业。他说："我们现在对于科技情报工作的认识，应该是大大不同于10年前、20年前的认识，如果那时候我们还是把科技情报工作看作是一件事情、一个工作要办，那么，现在我们必须认识到要做好这件工作，首先要研究科技情报工作本身的科学技术。这是一门学问，它的影响将是很大的，它关系到我们社会主义物质文明和精神文明的建设。我们应该把情报工作看作是创造精神财富的事业中很重要的一个方面，是一件大事情。我们从前讲的一句话：'秀才不出门，能知天下事。'他也是靠情报、靠信息吧。现在，我们确实能够做到，那就是靠我们的情报体系或者叫情报信息这么一个体系。我们每个一人都在这个体系里头，每天也不能离开它，就像人不能离开空气一样。"

钱学森认为这个事要放长远来看，要看到将来会是什么样子，那就是我们这个情报知识、信息体系，简直可以包括全部人类几千年来的所创造的，而且还在不断地创造着的精神财富。这个全部的精神财富都可以由我们每一个人随手调用和享受，因为谁都有一个中断嘛！倘若能这样，我们就不但能从旧的脑力劳动中解放出来，而且我们将获得一个伟大的新的世界，从来没有的高度文化的新的世界。我们的脑子不要花在记忆上啦，我们的脑子还可以干别的，也就是从繁重的记忆劳动中解放出来，把智慧集中到整理全人类的知识。全面考察，融会贯通，从而能够创造更多更高的脑力劳动的成果，也就是人变得更聪明了，人类前进的步伐将会更快了。

过去认识自然界事物不外乎两大类：一类是物质，一类是能量。人类经过很长时间积累起来的全部知识，归纳起来，不是关于物质的，就是关于能量的。自从 20 世纪 60 年代以后，情况就不同了。人类清楚地认识到，我们除了一个物质、一个能量之外，还有一个东西，就是信息。信息最简单的定义是“生活主体同外部客体之间有关情况的消息”。信息的起源与生物的产生同时开始。人类已经历了多次信息革命：①语言；②文字；③印刷；④电话、电报、电视等与电子计算机结合信息网络。如同物质量的单位叫“摩尔”，能量的单位叫“焦耳”一样，信息的单位叫“比特”（bit 是英文二进制数字 binary digit 这个名称的略语，在二进制中一位码元所包含的信息量称为一比特），用比特来衡量信息量的多少。所有的科学技术都可隶属于这三个方面。信息本身不是物质，它需要物质做载体（语言、文字、电磁）。通过人类一系列的研究，出现了新的信息工具，特别是以电子计算机为首的信息工具出现以后，使人类的社会活动，人类的文明又向前跨越了一大步。新材料、新能源、新的信息工具彼此并不孤立，而是相互联系、相互渗透，这又影响了新的工艺、新的工程、新的技术的出现，合起来造成一个由量变到质变的革命性变化，形成一次新的技术革命。

早在 1984 年 12 月 30 日，钱学森在国防科工委情报研究所学术报告会上的发言题目就是《信息情报是第五次产业革命的核心》。他说：“现在人们说的新技术革命（如电子计算机、生物工程、遗传工程、航天工程……大概几十项），不能给人一个清楚的概念，不知道讲的是什么东西。我的意思干脆叫第五次产业革命，就是这些新技术加上其他科学技术用到生产上去，引起了整个经济的社会形态的飞跃变化，这就是第五次产业革命。”“第五次产业革命的核心是什么呢？这个问题必须搞清楚。我认为第五次产业革命的核心就是信息情报。当今，生产、经济的发展，没有信息情报是根本不行的。现在，信息情报工作分散搞是不行了，必须组织起来，组织起来的信息情报体系（国家的甚至国际的）是第五次产业革命的核心内容。我曾经说过今后人们不再用头脑去记忆东西，而是人和信息情报体系结合起来，人和机器结合起来，把记忆、查找的任务交给信息情报系统。要完成这样一个任务，仅靠我们现在所掌握的技术，加上电子计算机（现在的电子计算机），恐怕还不行。”

1989 年 3 月 14 日是国防科工委情报研究所建所 30 周年前夕，所长袁耀俊同志和政委许俊礼同志写信给钱学森，请钱学森写点什么，“哪怕是很短的稿子”。作为 30 年的上级领导，有着 30 年的情谊，用钱学森的话说实在是“盛情难却”。于是，他写了一篇题为

《21世纪的国防科技情报研究》文章。他深有感触地指出："我想对情报所来说，在此纪念庆祝的日子里，更重要的是展望未来，在这20世纪临近结束、21世纪即将到来的时刻，要想想21世纪的国防科技情报研究。而这已过去的30年可是不平凡呵！在这30年我们国家经历了天翻地覆的变化，特别是最近10年，党的十一届三中全会以来的10年。但对情报研究来说，这30年又是在世界范围内信息产业兴起的时期，我们已进入'信息社会'，信息是新一次产业革命（我说的"第五次产业革命"）的特征之一！而情报研究又是信息产业的核心，是知识和信息激活过程。"（《国防科技情报工作》，1983年5月）面临这样的前景，我们情报研究工作者怎能不深受鼓舞！

二、钱学森情报科学技术和信息产业思想的发展历程

《红旗》杂志1963年第22期发表了钱学森的重要文章《科学技术的组织管理工作》，文章着重阐述了科学技术组织管理工作的四个方面的内容，其中一项就是科学技术研究和研制中的情报资料工作。钱学森从情报资料的收集、进行情报研究、建立检索系统和提供情报服务四个方面作了系统的阐述。他认为，今天科学技术活动空前活跃，科学技术情报资料的积聚非常迅速，用汗牛充栋来形容它是远远不够的。如何使这么大量的文献及时地与科技人员见面，是一个繁重的工作……还要进行情报分析研究……建立情报检索系统……进行情报交流，所以必须创制和推广简易的少量复制技术。文章不仅全面深刻地阐述了他对科技情报工作的认识，而且联系实际提出了技术选题。

"文化大革命"刚结束，钱学森便又在《红旗》杂志上撰文指出："还有几项业务性的建设必须切实搞好。一项是情报资料，要把我国已有的大量科技情报资料单位通过高密度信息储存、电子计算机检索、通信线路和终端显示设备等组织成一个全国性的情报资料网，使研究人员在任何地方都能通过情报网查看全国的科技文献，并在短时间内查到所要的情报资料。"

20世纪70年代后期，钱学森指导国防科委情报研究及时地编辑了一系列系统工程文集和国外系统工程应用案例，极大地开阔了国防科技人员的眼界，取得了一大批重要科研成果。20世纪80年代，在他退出国防科工委领导岗位后，他仍然站在航天科技发展的顶层，关心我国航天科技的发展，指导国防科工委情报所的情报人员编辑出版了一系列火箭技术最新进展的专题资料。谈到这些资料时，长征三号运载火箭总设计师谢光选院士深有感触地说："当时按照钱老的要求，国防科工委情报所编辑出版了好几本火箭技术最新进展的专题资料，对我们解决长征三号运载火箭二次启动和滑行段动力学等问题起了十分重要的作用。"

1979年，钱学森在《情报资料、图书、文献和档案工作的现代化及其影响》一文中主要就是讲现代技术，特别是电子技术、电子计算机的发展对于情报工作今后发展的影响。当时他认为，情报信息工作的内容大致有三个方面：一是情报的搜集。现在搜集情报的渠道非常多，渠道本身也是不断变化着的，搜集情报的量是相当大的。二是情报的储存和检索。这方面的工作在技术手段上已经有了很大发展，储存有磁带、激光盘，检索靠电子计算机。这两方面的工作在我国还需要花很大力气才能建立起来，大家已经形成了共

识。第三个方面的工作是知识的活化。我们在后面专门来谈“信息激活”问题。

1983年7月下旬到1984年6月，钱学森在国防科技情报研究所和国防工业出版社倡导和指导了情报科学讨论班，共举行讨论会40余次。对推动我国科技情报工作和情报科学技术的研究起到了极大的促进作用。在全国情报科学技术界产生了深远的影响。

钱学森讲过：“我认为信息情报是非常重要的，对此我有切身体会。可是，在我国科技信息是很不灵的。我在国外呆了很长时间，从事研究工作，我当时就有这么一种想法，如果在我这个行业有了一项科技成果，并且公开发表了，而我在一个星期内还不知道的话，那么我就失职了。当时我周围的人也都有这个想法。但是，目前在我们中国一项成果发表了半年、一年还不知道，也觉得无所谓，信息如此迟钝，怎么能不坏事呢？我们缺少一个情报体系，都是各人单独收情报。”（《论系统工程》，第424页）

三、情报工作是一门科学技术

钱学森在考虑把情报工作作为一门科学，作为一门技术的时候，首先以自己的亲身经历回顾了情报事业半个多世纪的发展历程。他认为，由于现代科学技术的发展，特别是电子计算机、电子技术的发展，情报工作的手段是大大地发展了。过去没有把情报工作作为一门科学技术来考虑是很不够的。现在我们应该来研究情报这一门科学技术。

钱学森于1984年8月7日在全国思维科学讨论会上的发言，第一次明确地指出情报科学技术是思维科学的一门应用科学，并且勾画出情报学的层次结构。他指出：

> 作好科技情报工作，要研究它本身的科学技术问题。情报学是一门应用科学，就是把情报工作上升到理论的、系统的学问，使科技情报工作形成一个有效的组织结构体系。这个体系是不是包括这样几个层次：
>
> 第一是资料的搜集。这是一门很大的学问，怎样知道全世界的情报信息来源，及时地把它们搜集起来，这已经远远超出从前图书馆学的范围了。
>
> 在这个基础的上一层，就是怎么把资料整理、储存起来，并能够有效地提取，这是资料库的问题。资料库的组织要应用系统工程的方法。
>
> 情报工作的最后一道加工，就是要激活，把死的知识变成活的情报。常常是需要从现成资料中，找到点点滴滴的东西，把它们拼凑起来，成为一个完整东西才行，这就要用许多系统的概念。首先要有一个框架，具体的东西到库里去找，把框架填起来就有了。这种办法在系统工程里叫系统辨识。
>
> 以上三个台阶我认为是情报学的一个轮廓。有了情报学后，具体做这些工作是情报技术。如资料库利用计算机、磁带、磁盘、光盘等等。检索要有一套复杂的系统。还有其他很多特殊的技术。情报科学技术是思维科学的应用范围，或者说是技术层次。

通过上面的论述，我们不仅看到了一个清晰的情报学的轮廓，更看到了情报学在整个现代科学技术体系中的位置。这样，对于开展情报科学技术的研究是很有益处的。

1986年，钱学森在中央党校的一次报告中指出：“科技情报在科学技术里面的重要性大家是清楚的，历来领导上都很重视。在我们国防科研体系里，情报工作一直放在很重要的

位置上，组织了一支相当强的队伍，大概有10万人以上。但是，过去总把科技情报作为一项工作来考虑，没有认识到要做好科技情报工作，还要研究它本身的科学技术问题。比如说，有没有情报学这门学问？我认为有情报学，它当然是一门应用科学，就是把情报工作上升到理论的、系统的学问，使科技情报工作形成一个有效的组织结构体系。”

1983年7月，国防科学技术工业委员会在北京举行了国防科技情报工作会议。这是一次非常重要的会议，这次会议也产生了很大的影响。钱学森在会上作了题为《科技情报工作的科学技术》(《科技情报工作》，1983年第10期)的报告，对情报科学技术的定义、研究范围、研究方法，以及建立情报科学技术工作体系等许多具体技术问题作了比较全面系统的阐述。

1. 情报科学的概念和定义

把情报工作作为一门科学技术来考虑的观点，是钱学森在1983年7月国防科技情报工作会议上提出的。他在讲话的引言中讲道：“在这篇文章里我想着重讲讲情报工作，特别是科技情报工作，以及国防科技情报工作，作为一门科学技术来考虑的一些意见。”

钱学森首先阐明了情报的概念。他说：“我理解，情报就是为了解决一个特定的问题所需要的知识。这里头包含了两个概念：一个就是知识，不是假的、乱猜的，应该是知识。再有一个，它是特定的要求，也就是为特定的问题提出来的，所以，及时性和针对性是非常重要的，人家问的是这个问题，你回答的是另外一个问题，那当然不行。所以，我想把这么许多意见概括起来是不是可以说：情报就是为了解决一个特定的问题所需要的知识，要注意它的及时性和针对性这个要求。”

钱学森认为，情报是一种特别的精神财富，是一种特别的知识。由此，钱学森提出了一个被情报信息学界广为引用的概念。他说：“那么这个特别，特别在哪儿？我觉得说特别，是不是可以用这么一个词，就是情报是激活了、活化了的知识，是激活了、活化了的精神财富。”

2. 情报科学技术的范围

钱学森认为，从情报事业(或情报工作)整个过程来看，主要包括四个方面的工作：第一，建立资料库，需要预测社会发展；第二，介绍资料库的内容，让用户了解你的资料库；第三，建立检索体系，这就是科学的、现代化的检索系统，是一个很大的工程；第四，进行情报分析(或情报研究)工作，为用户提供正确有效的情报。

如果概括地讲，这四个方面的工作也就是两大方面：一个就是把资料搜集起来，建立资料库，建立检索体系，以便使用；再一方面，就是把这些资料活化、激活了以后，变成情报。这就需要分析、研究、提供。

钱学森所强调的就是应该把情报事业的上述四项工作或两个领域作为一门科学技术来研究，不能向以前那样，仅仅看作是一项工作，而应该把它考虑为一门科学技术，一定要把它看成是一门科学技术。要在我们中华人民共和国建立这一门科学技术。

3. 关于情报科学技术

关于情报科学技术问题，钱学森主要介绍了资料搜集技术、存储检索技术和情报分析研究三个方面。

第一,搜集资料的技术。搞情报,就离不开资料、知识,离不开积累知识。所以,第一项科学技术,就是搜集、翻译以至于出版工具书这一类工作的科学技术。因为不仅搜集的对象形式多样、千头万绪、变化不定,十分复杂,搜集资料的渠道和工具也是形式多样非常复杂,因此搜集资料实际上是一门内容丰富的科学技术,很值得下工夫研究的一门学问。

第二,存储检索技术。钱学森认为这方面大家比较注意,已经做了不少工作。他所强调的是要重视采用新的信息存贮技术和信息网作为一项重点建设。这方面的科学技术问题就更值得组织研究了。

第三,情报分析研究的科学技术。也可以说是生产情报的科学技术。这是一门重要的科学技术。我们说情报是激活了的知识,或者精神财富,那么怎么激活?这有一个了解用户需要的问题。有了这个需要,题目出来了,就有了一个怎么能从浩如烟海的资料库里面把情报提取出来的问题,怎么让它变活,我们以前在这方面做的工作还很不够,用的方法也比较简单。情报研究工作,实际上是一个综合的技术。这种综合技术要用系统科学和系统工程的方法。我们要在这方面作出努力。

钱学森认为,总体来讲,情报科学技术里面第一个问题就是关于情报的搜集,这个我们要下工夫作为一门科学技术来研究;第二个问题就是建立情报存储、检索体系,这要作为科学技术来研究,我们要抓,要靠全国协作;第三个就是情报分析的科学技术,这方面不是完全新的,已经有了一定的基础。

4. 关于情报科学技术的研究方法

钱学森结合当时的实际情况指出:

现在,我们几乎没有人专门搞情报理论研究,这就是一个问题,所以我们要制定规划,首先要研究情报科学技术这门学问。在开始研究这门学问的时候,我们千万不要一想就想到我们自己的那一块,而要讲究系统,讲究整体地看问题。人们常说,只见树木,不见森林,那是要迷失道路的,所以,我建议大家在研究这个问题的时候要从整体上考虑问题。我是把情报这个领域作为思维科学里面的一部分来考虑的。因为情报最后要和人的意识、思维交互作用,如果人没法用,那就不叫情报了,所以意识、思维和电子计算机的相互作用也是我们要研究的问题,我们要建立一个很好的国防科技情报工作体系,这就是一个系统工程的问题。所以我们在研究情报科学技术的同时,不要只研究情报科学本身,还要更广一点,这样我们才能把问题吃透。因此,我建议,要在我们这个队伍里加强学术活动,也就是要研究情报的科学技术问题,要把它作为一门科学技术来研究。

在研究这门科学时,要用马克思列宁主义、毛泽东思想的立场、观点、方法,要用马克思主义哲学来指导。要结合我国的科学技术、工业、农业等发展的实际情况来考虑我们的工作到底应该怎么做,把我国的情报科学技术的体系建立起来。

四、情报信息工作内容方面的变化与信息激活

1979 年钱学森在《情报资料、图书、文献和档案工作的现代化及其影响》谈到的第三个方面的工作是知识的活化。在 1983 年的报告《科技情报工作的科学技术》又提出了"情报激活"的概念。那么什么叫活化了、激活了呢？钱学森说："我们常常说情报资料，我看现在要把情报和资料分开，情报之所以能产生，离不开资料，但是资料不等于情报。情报工作领域是包括资料的，但是，情报还要经过一个活化、激活的过程。僵死的资料不是情报，情报是活化了、激活了的知识，或者精神财富，或者说利用资料提取出来的活的东西。"

知识活化，就是说搜集来的情报存在库内要随时可以提取出来，否则这样的情报或知识是死的，真正有用的情报是活情报。信息、情报在资料库里是死的，把这些死的东西提取出来，经过组合、分解，用系统工程的分析方法弄清其相互关系、历史的发展过程，这样就把死情报活化了，不明显的东西变得很突出了，这就是情报研究。今后情报研究的工作量比过去大得多，如果完全依靠人工是不可想象的，要借助现代化分析手段，这就是智能机。虽然智能机只能代替一部分人的智能工作，但这就可以省好多事。智能机与信息系统的结合是非常重要的，没有这个结合，信息情报就可能分析不透，就可能作出错误的判断，所以我要强调信息情报对于即将到来的整个社会变革的重要意义。

第五十一章

钱学森论经济科学及社会主义市场经济

1992 年，党的十四大明确提出我国经济体制改革的任务，是建立社会主义市场经济体制。这是建设中国特色社会主义理论的重要组成部分，也是一项崭新的开创事业。改革开放以来，钱学森根据世界经济发展的历史经验和时代前进的要求，针对我国的实际情况，提出了许多重要的新思想、新观点、新思路，发表了一系列有关社会主义经济学方面的文章、通信和讲话：1982 后，发表了《国际经济研究和数学方法》；(《经济理论与经济史论文集》，北京大学出版社，1982 年 2 月)；1984 年 2 月 14 日，在全国“生态经济科学讨论会暨中国生态经济学研究会成立大会”开幕式上发表了题为《生态经济学必须关心长远的环境问题和资源永续》的讲话；1985 年，发表了《关于“国民经济结构学”问题的通信》；1985 年 1 月 23 日，在全国第一次国防经济学讨论会上，作了《我国国防经济学所面临的任务》的专题报告；1986 年，发表《从世界经济发展的总特点看当前我国的改革》；1988 年，发表了《关于国民经济核算体系》，《把系统学与金融经济学研究结合起来》等一系列经济学方面的重要文章和讲话。

当今人类社会一个总的特征，就是经济结构、经济活动已经世界一体化了，全世界已经是一个整体，因此，我们不仅应该研究新的经济科学和社会主义市场经济，还应该研究和建立生产力经济学与金融经济学。

一、关于经济科学及其体系结构

《百科知识》1985 年第 1 期发表钱学森与朱嘉明《关于“国民经济结构学”问题的通信》所加的编者按说：“钱学森同志提出的几个问题，对

于经济学，特别是宏观经济学的研究来说，是很有理论和实际意义的，值得经济理论工作者深入探讨。"那么，钱学森到底提了些什么问题呢？我们不妨将1984年6月7日钱学森写给朱嘉明的信转录于下：

上海知识出版社寄来您的著作《国民经济结构学浅说》，我读了非常高兴，也深受启发。让我对您的成就表示祝贺！

我近来一直在考虑科学革命、技术革命、产业革命和社会革命这四种革命问题。而这四种革命的概念之中最难的是产业革命。什么是产业革命？我以为产业革命就是由生产力的发展而引起的生产体系和经济结构的飞跃，这包括生产力的方面，也包括生产关系的方面。当然，经济基础这么大的变化也必然会导致社会上层建筑的改革。但不是社会革命，社会革命是社会制度的飞跃，是谁当家做主的问题。但要深入研究产业革命就不能不深入分析生产体系和经济结构，这是不是您在书中要研究的问题？我认为是。这是为什么写这封信的第二个原因。

我也因此认为您所提出的问题是非常重要的，希望您能继续搞下去，并有更多的同志和您一起研究。

下面我也讲几点学习体会，向您请教：

（一）名称。我觉得您是以国家为范围，研究一个国家的总体经济，以及国与国的经济交往。所以用国民经济结构学似不如用"国家经济结构学"，换一个字，更确切些。

（二）当今之世，战争还会有，实际上也不断地在打。所以，军事是一件大事，不论在资本主义国家还是在我国，军工、国防经济问题是个国家经济里的大问题。"国家经济结构学"不能不考虑它，您书里没有明确地讲，是不是因为您用了"国民经济"这个词？但不讲军事、不讲国防是脱离实际的，所以还是用"国家经济结构学"这个名称为好。

（三）我们要认识一个事物，只研究其当前的情况是不够的，要研究其历史的发展变化。也就是要研究国家经济结构的"动力学"。发展变化有两种：渐进演变和急骤飞跃。您书中似乎更注意前者而不大注意后者，因为您引用的情况和数据大都是20世纪下半叶的，没有19世纪末、20世纪初的。现在的国家经济结构与19世纪末的国家经济结构差别很大，因为19世纪末到20世纪初西方国家的经济结构出现了一次飞跃（我称之为第四次产业革命）。

渐进演变固然能启发人，但急骤飞跃更能发人深省。

（四）研究"国家经济结构动力学"，研究经济结构的飞跃，对我国目前社会主义建设特别重要，因为我国正在经历着一个全国改革和大发展的历史时期。

1985年1月28日，在中国经济学团体联合会举办的"新技术革命与系统工程讲习班"上的报告中提出，关于经济科学的体系结构。钱学森在对经济科学分析研究后指出："现在存在着微观经济学和宏观经济学，也有人提出了中观经济学，那么是否还有一个宇观经济学呢？所谓微观经济是指一个企业的经济，所谓宏观经济是指一个国家的经济，而中观经济可以是一个行业的经济，也可以是一个经济区的经济或一个行政区的经济，这样宇观经

济就该是全世界的经济体系了。我们应该看到,微、中、宏、宇是相互联系着的,是整个世界经济体系的不同层次。而我们现在的研究还是分家的,微观就是微观,宏观就宏观,微观与宏观之间没有一个桥梁。前几年我曾提出,在自然科学中从微观到宏观有一个统计物理,用统计物理的方法去研究单个分子运动与千千万万个分子运动之间的系,那么,我们经济学中是否应该有一个统计经济学呢?这当然不是一般意义上的经济统计学,我认为,应该有一门综合四个层次的经济学,要阐明从一个层次过渡到相邻层次的机制和理论。"

钱学森认为经济科学的体系结构也与自然科学相仿,有四个层次。基础科学这个层次下面还有一个技术性质的学问。经济科学的基础科学有政治经济学、生产力经济学和金融经济学等。数量经济学也许就是这样一门学问。最后是工程技术层次的学科,即直接与实际经济生活接触的部门经济学,它们与客观世界的关系密切,其中有国土经济学、工业经济学、农业经济学、生态经济学、计划学、国防经济学等等(见表51-1)。

表51-1 经济科学体系结构

哲　　学	马克思主义哲学
桥　　梁	历史唯物主义
基础科学	政治经济学 生产力经济学 金融经济学
技术科学	数量经济学
工程技术	国土经济学 工业经济学 农业经济学 生态经济学 计划学 国防经济学

二、关于社会主义市场经济

1992年12月11日,钱学森在谈话中比较系统地阐述了他对社会主义市场经济的看法。他讲道:"大家都知道,马克思生活的时代是自由资本主义时代,那个社会的经济是没有宏观调控的,全是自由竞争。用一个学术上的话说,就是社会的混沌度极大,全社会的劳动人民,特别是无产阶级、工人阶级受到残酷的剥削,受害极大。马克思、恩格斯观察研究了当时的社会现象,产生了科学的社会主义思想,提出用国家计划的手段来调控混沌的经济,这恐怕是国家计划经济思想的来源。现在看来,这是一种空想,因为社会是这么复杂的一个开放的巨系统,信息量之大,变化之快,使得国家的统一计划无论如何是不能适应的。因此中央的计划只能是一个主观的、脱离实际的东西。这就是后来苏联的经济建设情况,我们曾经学过,不灵。20世纪80年代初,我在国家计委开会时曾提出国家对经济活动要'宏观控,微观放'。当时我并不懂经济,而是从分子运动论引申过来的,因为在微观上我们不能去控制每一个分子的运动,但用统计力学的方法,可以从宏观上调控分子的集体运动。……以上说的,是马克思在世时,研究了自由资本主义社会,提出了科学的社会主义思想,

这是对的。但是，限于那个时代的发展水平，他不可能对这个问题深入研究下去，所以也有一定的局限性。马克思去世后发生了第四次产业革命，这说明在19世纪末，资本主义制度本身也意识到要变革，产生了垄断资本主义。当然，这里'垄断'的含义也是相对的，因为在垄断的情况下，还有市场，甚至是世界市场。有市场就有竞争，在垄断财团之间，国与国之间，帝国主义与殖民地之间的矛盾和竞争是非常激烈的，你死我活的。因此垄断也不是随心所欲的，而是相对的，竞争和斗争才是绝对的。但是，垄断的出现，毕竟在公司的集团化，内部的计划性，以及对国家经济的宏观调控作用等方面，比自由资本主义时代有改善，对此，列宁称之谓国家垄断资本主义。用现代的学术语言说，就是降低了经济活动的混沌度。当然，资本主义政治体制的弊端依然存在，并继续起着破坏作用，这就使列宁对垄断资本主义的帝国主义侵略本性看透了，并进行了深刻的分析，道出了其腐朽性。但由于当时各种主客观条件所限，使得他还不能进行全面分析，未涉及垄断资本主义比之于自由资本主义有哪些改进。遗憾的是列宁早逝，而后继的斯大林和苏联的理论家们又死抱书本，只看到垄断集团相互竞争的一面，结果走到另一个极端，搞中央计划经济，把经济活动管死了，所以犯了错误。回顾这一段历史，使我们感到非常遗憾。本来在20年代就可总结历史经验，找到正确的道路，结果整整花了70年时间，才得出社会主义市场经济的结论，这不能不说是社会主义事业的巨大损失。"

在这次谈话中，钱学森还全面分析了我国自新中国成立以来，到十一届三中全会以后，在经济建设方面的失误。他说："回过头来看，苏联的70年，我们的20年，或者说14年，真是惨痛的教训！教训何在？就是不认识产业革命，不认识第四次产业革命！全面地说，应该是不认识科学革命、技术革命、产业革命、政治革命、和文化革命！因此，我们必须深化与发展科学技术是第一生产力的理论，充实、发展历史唯物主义。"

三、产业革命与中国的社会主义建设

钱学森从产业革命的角度分析了与社会主义市场经济的关系。他认为，中国要建立并发展市场经济，同时还要积极参与世界市场经济，因此人们的认识就不能停留在第四次产业革命上，要赶上去，就要努力实现第五次产业革命。世界已进入第五次产业革命，中国没有别的选择，只能参与到这场产业革命中去，参加国际竞争，主要是世界市场经济的竞争，这场竞争复杂极了。与第四次产业革命相比，那时的世界市场是幼年的，功能不全的。第五次产业革命形成的世界市场经济，第一是世界规模的；第二是比较成熟的，结构、功能比较全，这是飞跃。世界市场经济虽然在第四次产业革命中已经形成，但到第五次产业革命，它就达到了一个新的高度和水平。我们一定要抓住这一点。而目前，有关经济问题的文章和理论都没有说到这一点。毛病就在于他们的思想还停留在第四次产业革命，而没有进入第五次产业革命。

钱学森同意市场可以合理调控和配置自然资源和人力资源的说法，但也他强调不应忽视宏观调控的作用，特别是随着科学技术的发展，自然和人力资源也不是限定的，而是发展变化的。他认为，在讨论市场可以调节人力和自然资源问题时，应该考虑到科学技术的力量。

四、建议研究金融经济学

钱学森提出经济科学中应该着重研究什么学问，我们研究较多的是政治经济学，是研究生产关系的。对于生产力的经济学我们也要研究，即生产力经济学。要提出一门新学问，即“金融经济学”。如果我们不研究金融经济学，就看不透当前美国里根政府所实行的一套经济政策。我们是社会主义国家，实行的是有计划的商品经济，商品经济就有一个钱的问题，而钱是金融经济学所要研究的，政治经济学、生产力经济学和金融经济学这三门是经济科学的基础。

我们从列宁的书中可以看到，银行、金融业将成为世界生产的组织者。钱学森最早是在1985年1月28日提出建立一门学问——金融经济学。后来在许多谈话、文章中和学术通信中对金融经济学作了阐释。

1992年11月13日，钱学森在一次谈话中讲到：“大约10年前，我在中央党校讲课时曾说，你们讲基础理论，只说有政治经济学，有人提出还有生产力经济学。我觉得在当今时代，金融是个大问题，应该建立金融经济学。老一辈银行家乔培新同志听到这个意见，很赞成，他召开了一个座谈会，让我讲话。我说，金融在社会主义经济建设中是一个很重要的问题，而现在看到的有关金融的书，都是讲金融工作的，是金融学，而不是金融经济学。金融经济学应该是讲怎么用金融手段来发展经济学。”

钱学森解释说：“他所说的金融经济学是高层次的问题，应该讲大范围的金融运动，讲世界金融经济学，世界金融的流动，以及我们怎样利用这个流动来搞经济建设。不一定总是强调政府收支平衡，消除财政赤字等等，应该强调发展经济，可以发行货币、券，促进经济发展等，而不是通常所讲的金融工作和会计业务之类的金融学。为什么金融问题这么重要？我看到一个材料，讲美国新产业，投入最高的是化工医药产业，一个劳动力一年要9万美元；而平均美国一个劳动力一年的投资是43 000美元。由此推算，中国如果要高速发展，需要多少投资？总书记讲我们年递增9%，我说如果搞得好，年递增还可以更高，达到15%，那时我们的年投资不是一千亿元，而是一万亿元，甚至几万亿元。哪来这么多钱？这是个大问题，所以要研究金融经济学，要开拓这一新领域。”

钱学森向许多同志，包括一些经济学家建议要研究金融经济学。他说：“现在我们国家开始实行股份制，这就需要研究金融经济学问题。资本家能控制金融，我们也可以控制金融，通过国家银行来控制。为什么国家要控制？因为我们要为人民、为国家的整体利益服务。在资本主义国家，控制金融的目的是为垄断资本家的利益服务的。从前，美国道格拉斯飞机公司和麦克唐纳飞机公司合并，当时老的道格拉斯公司老板还未死，他说明明我可以直接跟麦克唐纳公司打交道，但是不让我干，一定要通过银行打交道，这就白白损失了好几百万美元，让银行把钱捞走了。所以在美国，真正主宰经济的并不是厂家、公司老板，而是银行。现在大家争论要不要股份制，我看这不是问题的根本所在。重要的是应建立一种系统，这个系统能够最有效地发展经济，同时国家又能从宏观上控制经济。因此我们也可以通过金融手段来控制经济，再加上我们这套综合集成方法，那就是最现代化的了。所以不是什么国有私有的问题，问题在于代表中国人民利益的共产党，能不能控制这个经济系

统。这么一套最先进的方法都有了,你去学习应用就行了。”“几年前我就提出要研究金融经济学。在经济学中最早是研究政治经济学,后来有人提出要搞生产力经济学,这也是对的。但我提出搞金融经济学是最现代的东西。我们社会主义中国进行现代化建设,可以由国家用金融手段控制经济,保证我们的经济按人民的需要、国家的需要来发展。当然,经济问题会有风险。有风险也不用怕,只要你预测到有风险,就可以设置防线。”(《创建系统学》,第57~58页)

上世纪80年代中期,钱学森在中央党校谈到第四次产业革命的特点时讲道:

银行、金融业成为世界生产的组织者。金融事业是利用世界经济发展的不平衡,来谋取经济效益。我认为,这就是我们应该研究的金融经济学,金融经济学当然不是我们所说的金融学,金融学是银行业务的学问,金融经济学是研究如何利用生产力的不平衡,将有钱但缺少人力和没有钱但有人力这两方结合起来。

现在对社会主义经济理论的讨论已很多,我认为,我们首先要分清宏观和微观两个方面。我们要研究的生产力经济学,很重要的就是宏观的生产力的结构,是国家范围的,甚至是世界范围的生产力的结构;不是哪个企业内部的生产力的组织结构。经济调节的机制也属于宏观范围,过去之所以管理不利,就是用微观的方法去管理宏观。

再有,就是金融经济学。有报道说,西方国家的金融体制有革命的变化,主要讲美国、西欧和日本。什么变化呢?就是从国家控制金融市场到开放金融市场。我觉得这个问题是要研究的,他们为什么要开放?实际上就是要在经济上向其他的国家进攻,用他们的经济优势来侵略别的国家,可以说这是金融的“炮舰政策”,只是美其名曰金融开放。我们不能这么干,我们还是要国家来控制。比如,现在对国际的贸易,能不管吗?外汇能不管吗?所以,经济上的这些金融问题,就是金融经济学的问题,是一个非常重要的问题。

五、建立国防经济学

钱学森认为:首先,国防经济学是一门重要的学问 。要把马克思主义的基本原理同我国的实际相结合,建立国防经济学,这是一门很重要的学问。有很多问题,光抓国防科技是抓不上去的。我们的科技人员聪明、肯干,但他们常常碰见不是科学技术的问题,而是经济问题。国防经济学是一门科学,应当运用现代化的方法,如系统工程、系统科学的方法,要能够作定量研究。

第二,军工生产也是商品生产 。我国经济是在公有制基础上的有计划的商品经济。军工生产也是一种计划指导下的商品生产,军品也是商品。我们的军品可以出口,换取外汇,然后引进新技术,提高自己。科学技术有时间性,现在是先进的东西,过五年就不先进了。把好的东西保密,吃亏的还是自己。如果不保密,把它卖出去,多赚些钱,又可以提高。搞国防经济学的,要结合当今世界的实际情况,去研究这个问题。

六、我们应当全力以赴参加国际经济竞争

从现在开始到21世纪中叶这段时期中,由于战略核武器的大量存在,爆发一场世界性

军事大战的可能性是极小的。与此同时，一场世界性的经济科技大竞争却愈演愈烈，成为决定各国世界经济政治地位的、特殊形式的世界大战。这种“世界大战”将更为持久、更为复杂，结局也更为残酷无情，打败了是难以翻身的。这是我们当今面临的最为严峻的挑战。为此，我们的理论工作者和实际工作者，都应该立足于当前、放眼于未来，一切工作都要围绕着如何在这场经济大战中取胜而统筹规划，全力以赴。

针对有些同志对参加国际竞争，搞“大进大出”有所顾虑的思想，钱学森认为，大规模地发展外向型经济、发展“大进大出”，难免要冒风险；甚至还会栽跟斗，但我们不能因此而顾虑重重、坐失良机。参加国际竞争就像我们革命战争年代打仗一样，开始并没有经验，边打边学，也就学会了。我们看问题应当看得更远、更高些，这就是：在未来的几十年中，世界将发生巨大的变化，这不仅将决定中华民族在世界上的地位，而且将决定社会主义和资本主义谁战胜谁的问题。对于这样的生命攸关的大竞争，我们不能回避，也回避不了，只能勇敢地迎接挑战，投入到激烈的国际竞争中去。当然，从封闭的状态中很快转入开放和竞争，我们的适应能力还是非常不够的，但我们一定要下决心在拼搏中培养出这种能力，即使跌跤了也要爬起来再干，除此而外，没有别的选择。

有的同志提出，我们在发展沿海外向型经济的同时，也要注意扩大内需，把两者结合起来。钱学森认为，同时发展内需当然是对的，没有绝对的外向型经济，但是必须要认识到，重点应放到“外向”这一头上来。发展内需型经济固然保险、稳妥，但速度比较慢，而当今的速度问题是一个生死存亡的问题。在竞争中如果跑不出速度和效益，那是不可能取胜的。

当前的国际经济竞争，关键是科技的竞争，科技竞争实际上是一场智力的竞争；而要提高一个国家在世界“智力竞争”中的能力，从而奠定进行科技与经济竞争的基础，从长远来看，教育是起决定作用的。不花大力气提高全民的教育水平，就不可能在世界经济大战中立于不败之地。一个民族如果忽视了教育，实际上就等于是自杀。面对着当今世界经济、科技激烈竞争的严酷现实，我们社会科学理论工作者要进一步解放思想，要从未来几十年的国际竞争中取得胜利这一全局、这一最大的实际出发，勇于抛弃那些不合实际的旧框框，不要老在概念上兜圈子，在词句上吵来吵去。激烈的国际竞争需要新的观念、勇气和魄力，也需要具体的科学方法。我们的经济理论工作者应当以马克思主义的哲学为指导，下苦功夫研究参加国际经济科技竞争这个大问题，探讨打好这个大仗的战略问题和战术问题，提出切实可行的科学的办法，这是我们当前最需要的、也是最有意义的工作。

第五十二章 钱学森论领导科学与艺术

在我国，钱学森是最早提出研究领导科学问题的学者。他对开拓我国领导科学研究和建立领导科学体系发挥了重要开拓性作用。同时，也提出了他对这一学科的独特看法。然而，钱学森却谦虚地说过："我对领导科学感兴趣也只是因为它与系统工程、系统科学有密切联系。"不过，这句谦词本身却也道出了领导工作的一些特性，即领导工作是一个体系。

一、钱学森率先提出建立"领导科学"问题

钱学森认为："领导工作由来已久，从人类历史上讲，恐怕一两万年前就有了，原始社会有酋长，酋长就是领导。随着人类社会发展，领导制度建立起来了，而且实践证明它是必须的。那么为什么过去没有提出领导科学，现在一下子就提出领导科学来了呢？这是因为，把领导工作作为一门专门的学科加以系统研究，是历史发展的要求，无可回避……从我国现代化建设的要求看，学习领导科学，努力实现领导工作的科学化，是在新的历史条件下每一个领导干部面临的重要而又必须解决的新课题。"他说："我们认识到领导科学的重要性是不容易的。那么，是怎样从不认识到认识的呢？这也是历史的经验教训教育了我们。"

科学的本质是对客观规律的正确认识、把握和运用。自觉地从规律层面把握和解决领导问题，是领导科学化的本质体现和必然要求。出于对"文化大革命"领导行为和非理性思维的反思，20 世纪 70 年代末，钱学森率先提出"领导科学"问题。他在《自然辩证法、思维科学与人的智力》一文中指出："领导的学问也处于从领导艺术转化为领导科学的过程中，领导工作的'艺术'成分还占很重要的位置。将来呢？将来思维

科学发展了，领导工作中的一些思维规律搞清楚了，变成科学了；但人脑又向前发展了，领导艺术又会有新的、还未总结为科学的东西。”从管理科学的角度讲，管理者必须遵循一些基本的原理和法则。在钱学森的倡导和启发下，从1980年开始，一大批社会科学工作者先后加入到领导科学研究和宣传的热潮中，发表文章、出版著作，一些学者还归纳出现代管理和动力原理。1982年10月，中共中央、国务院作出《关于中央党政机关干部教育工作的决定》，明确提出要重视学习“科学的领导方法和工作方法”，干部培训课程要“适当增加领导科学”的内容。这一决定，表明党和政府对领导科学这个崭新学科的肯定。

1985年3月20日，钱学森应中央军委总参谋长杨得志的邀请，在总参谋部举办的领导科学研究班上作了题为《关于领导科学与艺术的几个问题》的报告。在谈到“领导”概念的科学含义时指出：“今天搞经济建设，尤其是现代化大生产，分工细密，技术要求高，变化也多，相互协调要更加有效，再照搬土改、打仗那套办法是不行了。我们现在的工作，特别是经济体制改革以后，要进一步对外开放，对内搞活，横向联系，纵向联系，错综复杂；还有市场竞争，纷纭的人际交流及法律方面的事务。对这样一个非常复杂的局面，领导人单凭过去‘一言堂’固然不行；个人的智慧、个人的经验，也并不总是靠得住的。科学的领导应当注意集体的决策，重视和发挥各方面专家的作用。要善于发现问题的关键，让大家特别是专家们研究并提供可供选择的方案，进行可行性的科学论证。现代领导的水平，应该反映在能够选择最佳的方案，应该是这样来理解领导。总而言之，领导不是做官，而是干事业，对领导这个概念，要赋予科学的含义，工作方法要科学化、现代化。”

钱学森强调指出：“现在我们面临着世界范围内的新技术革命的兴起，如果在我们的领导工作里面再不考虑应用现代科学技术，实现领导工作的科学化，是不行的。而领导工作要应用现代科学技术，很重要的就是要运用系统工程。”

20多年来，领导科学总结古今中外领导实践经验，提出一个又一个领导科学的新概念、新范畴、新见解、新思路，努力探索领导管理科学化、法制化、规范化和创造性的道路。

二、“领导工作是科学和艺术的结合”

1985年，钱学森在总参领导科学研究班上指出：“领导工作是一门大学问，也是一门艺术。”“我认为领导科学就是参谋加领导的决策，很多文章也讲决策科学。我想应该强调决策要用科学，但决策不仅是靠科学，还要靠艺术。领导工作是科学和艺术的结合。领导者要有两个方面的素养，一个方面是方法，就是领导、决策的科学方法和所需要的学识；另一个方面是胆略，就是指领导和决断的气魄、决心、胆识和眼光。要做到科学领导和决策，这两个方面缺一不可。一般来说，方法是可以学的，因为既然是科学的方法，能说出道理来，就能通过讲课、读书、练习等过程来理解和掌握。而胆略的具备则比较复杂，要经过在实践中反复磨炼和多种因素的融合才能形成。当然，方法和胆略往往是联系在一起的。常言道：‘艺高人胆大’。只要掌握了客观规律，又有过硬的本领，就能站得高，看得远，有决心和气魄从事各种艰巨的事业。但是，方法和胆略又毕竟不是一个东西，而胆略往往更能直接反映出一个人的精神面貌，思想风格和世界观。”

20世纪80年代前期，钱学森在中央党校讲课时多次指出：“怎样做到科学决策化？

有不少同志喜欢用'领导科学'这个词;好像已经有了一门叫领导科学的学问,只要学了领导科学,按领导科学去决策,就能如同'三加五等于八'那样,保证正确。我不同意这种看法。我觉得要明确领导干部是专门人才,但又是通才,领导干部要有丰富的学识,但要有学问又不能是死学问,领导干部还要有领导工作经验。这都是因为领导决策毕竟不是'三加五等于八'之类的事情,有许多不那么清楚可定量的因素要在决策中考虑。所以我认为领导干部真正运用的不完全是领导科学而是领导科学和艺术。是的,要加'艺术',不可能那么死,要活一点。"(《论系统工程》,第507页)

钱学森特别强调领导的艺术性。1987年8月11日,在北京司、局级领导干部科学决策知识讲座开学式讲话中指出:"这是由于领导决策不是物理问题、不是化学问题。前几年我就讲,'领导科学'当然重要,要提倡,但由于问题的复杂性,光科学还不够,同时还需要'艺术',是'领导科学与艺术'。艺术是什么?不是唯心主义,而是经验,不成系统、不成文的经验。"

领导科学是研究领导行为和领导活动的科学。它是从组织管理理论中分离出来的一门科学。这里所指的领导科学是广义的,既包括领导理论,领导方法,也包括管理艺术、管理能力以及未来管理对领导的要求。

领导思想自古有之。我国先秦时代的《孙子兵法》就提出了许多现在看来也是十分重要的领导观点。在国外,对领导作用的重视,也可以追溯到很远的时代,但是,这些观点和认识毕竟是在当时的生产方式发展水平条件下形成的,同现代领导科学的概念有不少差别。现代领导科学是现代化大工业出现后产生的,它是技术革命周期发展、生产社会化纵横展延,组织管理理论不断深化并向系统化升华的产物。

特别是到了20世纪50年代以后,随着原子能、电子技术、航天技术等尖端工业技术的迅速发展,现代科学技术和现代化生产出现了高度分化与高度综合的趋势,企业经营规模出现了多极发展倾向,企业的组织结构和领导体制不断变迁和多元化,经济发展越来越要求把微观与宏观有效地协调起来,"消长"难控的经济形势,激烈多变的市场竞争,以及繁重复杂的管理任务等。这一切都对领导工作提出了更高的要求。因而在现代组织管理理论和管理科学知识迅速发展并向系统化升华的过程中,领导科学的研究也出现了蓬勃发展的新局面。另一方面,新的体制改革,新的战略经营,以及可预测的未来发展对新型的领导要求等,也增强了人们的领导观念,更加感到研究领导问题的迫切和重要。在发达国家,领导理论的研究正向具体化、细分化、综合化和系统化发展。在我国,钱学森是提出研究领导科学问题的第一人。进入上世纪80年代前期以后,有关领导科学和管理哲学的著述逐渐脱颖而出。这些都表明,领导科学正沿着自成体系的方向向前发展。

从目前研究的主要内容看,领导科学大体上可以概括为:以管理活动为客体,以管理职能的一体化为中心,用综合的、系统的和工程的方法研究领导行为和领导活动的规律性的科学。其任务在于从整体上正确协调各项管理职能,不断开拓领导的适应性,充分发挥领导的效用,为组织的目标服务。

由于领导科学是以管理活动为客体,又是从管理职能的整体和一体化上研究领导行

为和领导活动的，因此，它既是一门特殊的学科，又是一个内容比较广泛的知识体系。钱学森认为，领导科学的知识体系有以下特征，即领导是管理的中枢和大脑，领导科学知识是管理科学知识体系中最重要的组成部分。领导科学以管理整体本身的规律性，管理职能的一体化的规律性、领导方法艺术和创造性思维构成其知识系统，而不是各项管理职能的理论与方法的集合。领导科学是高度活跃的动态知识系统。对掌握知识的广度、深度、速度、灵活性、逻辑性，特别是对实事求是、开动脑筋、创造性地运用知识、升华与开拓管理知识，具有更高的要求。因此要求领导者不仅要有一般的科技、经济、社会、法律、心理和管理等方面的知识，最重要的是要有善于解决实际问题的能力和协调发展的智力结构。领导科学以为特定政策目标服务为特征，是应用性比较鲜明的知识系统。为取得领导效用，实现组织政策目标，既要善于管理又要高于管理，以高超的艺术统筹管理全局，把握环境变化要求，不断提高领导的适应性，不断更新领导知识。

领导科学首先要求科学地运用综合法、系统法、范例法、工艺法。为把研究客观规律和研究如何发挥能动性创造性结合起来，还要求掌握和运用逻辑方法、思维方法和创新方法。其次，为实现领导职能，必须学会、掌握和运用育人、选才与用才的工程方法。此外，为提高领导水平和领导的适应性，领导科学还有一套评价领导本身的指标和方法。这些构成了领导科学的方法论体系。

领导科学中，有许多领导方法和管理艺术等具体职能工程很难用定量方法进行描述，但是，领导科学并不排斥使用定量方法。相反，领导科学是有血有肉充满生机的理论，只有把定性、定量和状态分析方法结合起来，才能防止刻板化、抽象化，保持具体化、活性化和发展性。

三、“领导工作是一个体系”

1985年，钱学森在总参领导科学研究班上提出：“领导科学是专门研究领导工作规律的学问，它要研究领导的结构、领导的过程和领导人员的素质这几个方面的规律。把领导工作作为一门科学来看待和研究，有很多具体问题值得探讨，但我认为，关键是要对领导工作有这样一个明确的认识：领导工作本身是一项系统工程，它有严密的组织结构，是一个领导和组织管理的体系。”在这次报告中，钱学森讲到了国家的领导工作和国防建设的领导工作。

关于国家的全面领导问题。钱学森说：“所谓领导工作，从国家的领导工作看就不是不分层次的，是有结构的。有一个国家的大战略，又有国家几个大部门的战略。许多层次的整体结构形成一个领导体系，这就是整个国家的领导体系。作为一个现代的领导者，要真正实现科学领导，首先必须明确自己在国家领导体系中所处的层次、位置，要根据国家战略或大部门的战略制定自己的规划，从宏观的角度考虑领导工作科学化的问题。这是我们在研究领导科学时应当加以注意的。”

早在1982年11月钱学森在中央党校作过一个题为《要研究和创立社会主义现代化的科学》的报告，提出在国家的“大战略”这个最高层次下面，又分为八个方面或八个部门，每一个方面的任务和内容，又是一个层次。实际上每一个部门又是一个很大的方面，

下面还有层次。"所谓八个部门也就是国家生活的八个方面"：第一个方面叫"物质财富的生产事业"，包括农业和工业。第二个方面叫"社会主义精神财富的创造事业"。包括教育、科技、文学艺术，出版事业、报刊广播、体育等。第三个方面是社会主义的服务事业，大致就是第三产业。第四个方面就是国家和各级行政管理机构。第五个方面是社会主义的法制事业；第六个方面是国际交往；第七个方面是国家的环境管理。第八个方面就是国防事业。

钱学森认为国防事业中的领导科学要解决的问题主要有三个方面：第一个问题是养兵问题，也就是军队建设中现代化科学管理问题。第二个是用兵的问题，用兵问题的核心就是作战模拟，作战的电子计算机模拟。第三个方面就是国防建设的战略问题。三个问题都可以用现代科学技术的方法加以研究解决。

四、关于领导人才的素质和培养问题

1985 年，钱学森在总参领导科学研究班上指出："现代领导人才的培养，特别是高级领导人才的培养，这是一个重大的问题，也是领导科学要研究的一个很重要的课题。"对于领导人才的综合素质，钱学森也提出了总体的设想和具体的要求。从总体上看，"领导者要有两方面的素养，一个方面是方法，就是领导、决策的科学方法所需要的学识；另一个方面是胆略，就是指领导和决策的气魄、决心、胆识和眼光"，"所以我们在培养领导人才过程中，既要注意科学知识和方法的传授，又要重视领导艺术和胆略的训练"。同时，钱学森对领导人才的培养，提出了比较具体的全面的要求。培养领导人才实际上是培养通才的问题。钱学森指出："领导干部需要广博的知识，领导干部的培养，可考虑六个方面的内容：第一方面就是马克思主义哲学、科学社会主义和政治经济学……第二方面，就是理论联系实际，对我们今天的世界必须很好的了解，了解中国和世界的地理、资源、人口、生产、贸易、军事、文化等等，要了解当前，必须了解过去，知道一点中国的历史、世界的历史。第三个方面就是现代科学技术概况。不是对现代科学技术都精通，而是大致情况要知道；要经常学，因为科学技术在不断进步。第四个方面，对于文学艺术要有一定的修养。我们老一辈革命家毛主席、周总理、朱德、陈毅的文学修养都很高，他们的文学艺术修养，对于他们杰出的领导才能的形成是有关系的。第五个方面是军事知识。军事知识也是培养胆识、胆略的一个重要方面。不光是打仗，也包括在错综复杂的事物中怎样抓住问题，下决心。第六个方面，作为领导者怎样在繁重的工作任务中保持健康的身体。要培养体育锻炼的习惯。"

上述第三个方面讲的一般情况是科普知识。关于领导干部了解和掌握现代科学技术的内容问题，钱学森有过许多专门的论述。

关于把文学艺术作为培养领导干部的课目问题，钱学森认为："毛泽东同志不是一位文学艺术家吗？周恩来同志不也是一位文学艺术家吗？我们党的许多杰出领导人都有很高的文学艺术修养，为什么不想想文学艺术的高度修养对他们的领导才能所起的作用呢？我们已经从根本上认为领导才能不只是科学，而且也是艺术，没有文学素养的领导干部，其发展是要受影响的。"

钱学森还强调领导干部要学习军事知识。他认为，我们老一辈的革命家都是在革命战争中打出来的，对军事当然十分熟悉，但是现在我们是在和平环境中培养干部，而战争的因素还不能排除，要"居安思危"，要学习军事知识，培养军事素养。

钱学森认为，对领导人才的培养，应当着重培养出一批又一批的帅才和将才。要使这些人具备上述的品质和条件，尤其要学会运用马克思主义的立场、观点、方法，结合具体实际，进行创造性的思维和创造性的工作。钱学森指出："用周恩来同志的话，我想帅才就要'举重若轻'，而落实工作又要'举轻若重'。我们的从定性到定量综合集成法或大成智慧工程，就要把众人'举重若轻'和'举轻若重'结合统一起来；在定方针时居高远望，统揽全局，抓住关键；在制定行动计划时又注意到一切因素，重视细节。"（王寿云、于景元、戴汝为等，《开放的复杂巨系统》，浙江科学技术出版社，1996 年，291 页）

钱学森指出，领导人才特别是高级领导人才的培养，是一个关系重大的问题，也是一件很不容易的事。我们是马克思主义者，不相信什么天上掉下来的天才。人总是可以培养的，客观事物总是有规律的，人才培养上成功的不成功的经验教训很多，我们可以根据历史的经验，来研究、总结怎样培养领导人才。

钱学森还指出，古今中外有许多杰出领导人才成长的记录，从中可以概括出培养领导干部的方法。

第五十三章 钱学森论决策科学化

20 世纪 80 年代前期,钱学森在中央党校讲课时多次强调决策科学化的重要性。他说:"今后五六十年我们国家将经历一个史无前例的高速发展时期,作为国家的各级负责领导,将面临一个极为复杂而又关键的决策任务。决策任务完成得好与不那么好,是事关重大的。而在这一点上,唯一的途径是领导决策的科学化,力避走弯路。"诺贝尔经济学奖获得者西蒙(A. Simon,)也有句名言:"管理就是决策。"这也就是说,一切管理工作的核心就是决策,决策贯穿于管理的全过程。

一、钱学森决策科学化思想的形成和他对决策科学化问题的阐述

1. 决策科学的形成与发展

人类的决策活动有悠久的历史,中外史籍都有大量的记载。长期以来,人类时时刻刻都在进行的这种活动却鲜为人所注意。这种状况的长期存在,是和 20 世纪以前经济、社会、科学、技术的发展步伐相对缓慢有关。20 世纪以来,随着科学技术的飞速发展、经济竞争的加剧和社会变革的加速,决策活动已经变得越来越复杂,决策活动的重要性已日益为人们所认识。在这种情况下,追求正确的决策,成了日益强烈的社会需求,决策活动才逐渐成为专门的科学研究对象,才被看成是管理活动的核心,并被辟为专门的研究领域,取得了和管理科学相对独立的地位。

决策活动复杂程度的提高,是促使决策科学相对独立的一个重要因素。另一个重要因素是新的决策方法(运筹学、对策论、网络技术等等)和决策工具(计算机技术、信息技术、自动化技术等)的不断涌现。

在这两个前提下，科学地研究决策活动和从事决策活动才成为可能。

现代决策科学是20世纪50年代兴起的一门综合性的新学科。在西方，决策科学最早出现于美国，由美国著名学者、诺贝尔经济奖金获得者西蒙等人首创。从20世纪70年代开始，决策科学得到了世界各国的普遍重视。不但逐步充实和完善了原有的决策理论，在基础研究方面取得了新的成就；而且在应用研究方面也取得了长足的发展，成为引人注目的新兴学科。随着现代决策活动难度的扩大，专家们研究出一套定量的数学、系统分析和仿真的方法，同时把定量方法与定性方法结合起来，满足由个人决策、简单决策、定性决策、常规决策、战术性决策过渡到复杂决策、定量决策、非常规决策、战略性决策的需要。

一位领导干部作出决策，他是主要负责人，但在今天，决策的全部工作不应该是他一个人做的。这种做法最早是从军事决策开始的，在军事行动中，辅助指挥员作决策的称参谋。事实已经证明要对复杂的事务作出科学的决策，只靠一个领导人是办不到了，他需要一个咨询参谋集体，一个班子。这是个包括多种专业人才的集体，用集体的智慧为领导决策提供咨询服务。这是领导科学化所需要的。

1995年7月，钱学森在《科技进步的哲学问题研讨会书面发言》中提出："决策科学是一个跨学科大部门的技术理论学科和应用技术的技术体系。"

2. 决策科学的内容与特点

决策科学以人类的决策活动、尤其是现代决策活动为对象，研究决策活动的规律，决策活动的科学理论和科学方法及其应用。

决策活动指的是人们为了达到某种意图而进行的制定行动方案的活动。从事这种活动的目的，在于作出可以实现意图的行动方案（即决策）。决策活动有三个比较明显的特征：即具有目的性，具有选择性和未来性。

具体地说，把决策活动作为研究对象的决策科学，其内容主要由基础研究和应用研究两部分组成。

基础研究主要包括：人类决策活动的发展史，决策科学的发展史，决策活动的基础理论，同时研究和移植其他科学领域与决策活动有关的理论研究成果，作为决策活动的理论和方法论，从事决策活动的科学方法，研究如何运用可以用来从事决策活动的各种科学方法，发明和创造新的科学方法和决策技术，决策活动的分类、程序、原理、结构、概念、要素、评估等等。通过这些方法的研究，掌握决策活动的性质、特点、规律、手段和工具。

应用研究主要包括应用决策科学的理论和方法所从事的决策活动的案例分析和研究，以了解决策科学在不同领域应用的情况；新的决策科学理论和方法在决策活动中的应用情况；经济科技和其他各个领域的新发展，为决策科学的应用提出了哪些新的课题和要求等等。

二、大力推动我国决策科学化的理论研究和实践应用

1. 钱学森推动中国决策科学化理论研究、方法研究和实践应用

我国对决策科学的研究虽然起步比较晚，但发展还是比较迅速。1981年4月，我国科学工作者在北京召开了全国决策的科学方法论学术讨论会。钱学森参加了讨论会，并

发表了讲话。当时,我国的决策科学研究主要以方法论研究为主,探讨决策科学与辩证唯物主义、三论、预测科学和其他新兴学科的关系等。

钱学森热情鼓励并积极支持决策科学的理论研究工作。在20世纪80年代中期,他对我国早期编写决策学理论著作《决策学基础》曾给予大力支持。《决策学基础》(中国社会科学出版社,1986年)全书上下两册共分四篇,第一篇是用辩证唯物主义观点论证与阐述决策学的基本原理。第二篇是决策中获取未来信息的方法与技术,称为常用预测方法部分。第三篇是决策的各种定量技术与实用方法部分。第四篇是应用决策学的理论与方法研究几个具体决策问题的示例部分。

该书没有一般地介绍外国的决策学,而是从我国的实际出发,考虑到我国的国情特点、历史情况和现实情况,总结我国社会主义建设过程中决策成功的经验与决策失败的教训,是一本颇具中国特色的决策学,从而为解决我国社会主义建设中亟待解决的各种决策问题,提出了探索性的见解和解决具体问题的常用方法。钱学森审阅书稿后,在给作者的信中就本书基础理论部分指出:"我尤其欣赏文章第二部分的三论归一说,因为这也是我的认识,而文章的改进颇有说服力。"

1987年8月11日,由中央组织部、中央宣传部、中直机关党委、国家机关党委、北京市委和中国科协联合举办的司、局级领导干部科学决策知识讲座正式开课。钱学森在讲座开学式上发表讲话:"我认为这个讲座开得很及时,要讲的问题也非常重要。在今天要决策,完全靠老一套传统方法是不够了,原因是我们面临的问题空前的复杂。"比如,国际环境,"形象地说就是'四海翻腾云水怒,五洲震荡风雷激!'这样错综复杂的情况下要决策,光脑子想是不够用的了,还要引用现代科学方法,上电子计算机算。所以叫'科学决策'。但要用科学方法,也有个前提,这非常重要。""不改革一下我们的老观念,科学方法是行不通的。现在我们要进行科学决策,最大的障碍就是旧体制和旧观念,官僚主义呵!其实这就是说,决策民主化和科学化是政治体制改革的重要课题。"他引用邓小平所讲的话:"党和国家现行的一些具体制度中,还存在不少弊端,妨碍甚至严重妨碍社会主义优越性的发挥。如不认真改革,就很难适应现代化建设的迫切需要,我们就要严重脱离广大群众。"钱学森说:"对于领导者和领导集体来说反对官僚主义思想和作风是实现决策民主化和科学化的前提。掌握运用决策科学的过程,就是自觉地同官僚主义、主观主义作斗争的过程。"

谈到科学决策的方法问题时,钱学森认为,领导决策不是物理问题、不是化学问题。"现在国外科学家也在考虑。什么控制不完全认识的系统呵,什么复杂性工程呵,都是。系统动力学的'开山老祖'Jay W. Forrester教授对他倡导的方法——用十几、二十几个参量代替社会系统中成千上万变数的模型也担心,他自己提出,要慎重,要研究模型的可信度。我想Forrester教授的担心是对的,老实讲,他的建模方法大概是主观的,不可靠,不可取。"

钱学森认为应该采用的办法是:(1)参量必须用统计局提供的实在数字参数;少了不行,几百个、上千个;(2)建模过程要用专家经验,反复讨论及上电子计算机试算,才能定下来。

这就是航天工业部710所创立的,所谓定性与定量相结合的系统工程方法。这一套领导决策方法是真正科学的,因为它是实事求是的,从而也是符合马克思、列宁主义,毛泽东思想的。它需要三个方面的专家的密切配合:①多年工作经验丰富的同志。②统计工作同志及统计系统。③系统工程工作同志,包括电子计算技术专家(要用大型计算机)。

对于上述三个方面的专家密切配合工作是有具体要求的。钱学森说:"我们的系统工程工作同志决不能代替多年工作经验丰富的同志,也决不能代替统计工作同志的大力协同。我们的工作方法是把三个方面有机地、辩证地结合统一起来。这是社会主义的大力协同,是我们的特色,具有中国社会主义特色。这也就是决策的民主化和科学化。"钱学森意味深长地强调指出:"但同志们,实现决策的民主化和科学化,关键在各级领导干部。"

钱学森多次对决策科学化发表过意见。1990年2月,钱学森在会见德国科普协会代表团时,谈了定性与定量相结合的研究方法。钱学森说:"关于数学用于研究社会的问题,美国承认数学经济学的分析是靠不住的。我们也研究了这个问题,认为他们人为地把复杂的经济现象过度简化了。把它放到简单的数学框架里,这不是马列主义的,是主观的,不是客观的。所以我们有一些同志走另一条路,采用定性与定量相结合的办法。就是在开始的时候,把熟悉经济的专家找来,让他们发表意见。但是专家的意见也都是局部的,因为他们是根据自己的经验,受不同的时间、地点的限制,所以这位专家和那位专家的意见不完全一样。把所有专家的意见集中起来,用一个很复杂的模型,可能有几百个未知数,几百个变量,把所有专家的意见都包括进去。然后放进计算机处理,计算出结果,再请专家来议论,提意见,然后再根据专家意见修改模型。这样反复多次,最后计算出结果。这样包括几百个参数的复杂模型,实践结果发现是比较满意的。这有三个组成部分:①很多懂经济的专家集体,不是一个专家。②大量的统计数据。③会搞模型、会用计算机处理这些数据的人。三个方面结合起来,这样统计的结果才是可靠的。用这样的方法,只有社会主义国家才能做到,因为我们的同志没有其他目的,就是为社会主义建设,不像资本主义国家,他们后面有老板。因此,我们这个办法是社会主义的办法。"

2. 倡导模糊决策理论、支持灰色决策理论

人们往往习惯地这样说:精确是好的,模糊则不好。模糊曾作为精确的对立面,代表了蒙昧和落后,但是,随着现代科学技术飞速发展,科学的社会化,社会的科学化,人们必须用新的眼光看待一切。对于"模糊"也得刮目相看。钱学森深刻地认识到了这一点。他积极倡导模糊决策理论、支持灰色决策理论。

模糊集理论从1965年创立到现在,虽然取得了令人瞩目的进展,但仍然有相当一部分学者对此理论持保留甚至否定态度。鉴于此,在1986年7月国家科委召开的全国软科学研究工作座谈会上,钱学森曾提出:"软科学又是定性方法与定量方法相结合的,因此又要注意数学科学的新成就。定性要靠专家的意见,但专家意见是实践经验的概括,不见得像1+1=2,1+3=4那么简单、明确,而是有点模糊的。所以,软科学对作为数学的新发展的模糊数学应该加以注意;要发展软科学,应该支持模糊数学的研究。这个问题在我国是有争论的。要不要发展模糊数学?我是积极的,因为人的思维包括专家的意见,都有模糊的方面,不重视模糊数学的研究怎么行呢?"他还指出:"所谓模糊数学是相

对于清晰数学而言的。以前的数学都是很清晰的,1+2=3,一点不含糊,可是,人认识客观世界都是那么清晰吗?虽然客观世界是决定性的,是有规律的,因果关系毫不含糊;但是,由于人的认识局限性,我们认识到的东西都有模糊性。做实验会有误差,思维中也有很多模糊性,'只能意会不能言传',实际上就是存在模糊性使人说不清楚。所以,'模糊'是根本的。清晰数学、经典数学对于人类的文明作出了巨大贡献……如果我们不考虑人认识客观世界的模糊性,就会造成决策、判断问题上的失误。处理模糊性问题不能像过去那样笼而统之,不能光说只能意会不能言传就完了,还要进行科学的处理。与清晰数学比较,模糊数学复杂一些,这也是它发展得比较晚的原因,但现在,发展模糊数学已经摆在了非常重要的位置上,是迎接21世纪的一个非常重要的领域。这里,我要宣传模糊数学,因为老实讲我国的反对派还不少哩。"(《社会主义现代化建设的科学与系统工程》,137页)

人类认识世界从模糊发展到精确,而今又突破了精确的数学框架,发展到了模糊理论。模糊—精确—模糊,这是螺旋式的上升。周恩来总理在青年时代曾写过一首《雨中岚山——日本京都》的诗歌,诗中写道:"人间的万象真理,愈求愈模糊;模糊中偶然见着一点光明,真愈觉姣妍。"真是如此,现代人正在模糊中努力寻找光明。

3. 决策科学的三个方面

1986年4月21日,钱学森在航天医学工程研究所的学术讨论会上对决策科学的三个方面作了阐述:①用数学可以表达的、可以用计算机算的决策,比如,国家"五年"计划报告,那里很多是经过大量的国情计算的,这叫"决策"。这就是有模型,有计算,而且计算非常复杂。②不能用数学方法来表达的决策,就是领导的智慧的决策,比如,国家"五年"计划报告最后定的时候,可能不是完全使用这些计算模型所算出来的结果,因为起草人有更高的考虑,比如国际的问题,中国社会发展的问题等。这就属于领导智慧,这在很大程度上与领导的丰富经验和知识有关系,这些经验和知识是他们那些参谋,计委里用计算机的人,制造模型的人所没有的。这是一种很高级的决策。这是很重要的一个方面。领导最高级的决策是很复杂的一件事,是要根据经验的,所以要学习历史上的经验,这是非常重要的。领导决策目前还不大能说清楚,还有待于研究。③人在一般情况下怎样决定问题?他是怎样选择的?钱学森认为这是要研究的问题,这点外国也在研究,所谓专家系统了,模拟人的选择过程。这个工作我们也要做,不然搞不清人是怎么选择的,这个人机系统怎么搞?

4. 决策科学化需要集体的智慧——决策咨询机构

要讨论钱学森关于决策咨询机构的思想渊源,这还得从世界著名的思想库兰德公司讲起。在此对兰德这个最发达的西方国家里思想库发家史作个简要介绍。兰德公司是战后兴起的美国一家实力雄厚的综合性民间政策研究机构。兰德坐落在洛杉矶市风景如画、四季常春的著名海滩桑塔·芒尼卡,占地12.1公顷(30英亩),横跨两个街区。有人员近千名。兰德公司的"老底子"正是美国政府在二战期间集合起来的冯·卡门和钱学森等一批科学家,他们曾卓有成效地为战争的胜利作出了贡献。仗打完了,冯·卡门的好友空军上将阿诺德富有远见地看到了让他们"在民间环境工作,而又使其才学继续

随时服务与军事的必要性”，于是经他发起，1946 年由空军和道格拉斯飞机公司（钱学森当时本来也受聘道格拉斯飞机公司担任技术顾问）签约建立“兰德（Research & Development）公司”，后由“福特基金会”提供一笔“开业资金”，改组成“独立的、非赢利的兰德公司”，并通过签订“合同”的方式从空军取得“订货”和经费，由此开始了兰德的开拓史。

根据上述情况，无论钱学森是否是兰德公司的正式成员，但对兰德这家智囊机构的出现应该是非常清楚的。从兰德所走的研究技术路线来看，与冯·卡门和钱学森等的科研思想更是惊人的吻合。

兰德从成立之日起就为自己规定了一条宗旨：“一切为了公共的福利和美国的安全”。但是，其早期研究内容，似乎只有“安全”而不见“福利”。它收入的 90% 来自空军，研究的是“未来的空中力量与国家安全”。

兰德的本行是“政策分析”。它以“向政策制定人提供有足够情况为依据”的政策建议，“使决策得到改善”为基本目标。为此，它不断地探索着各种研究方法。经过长期努力，兰德已经总结出一整套自己独特的政策研究理论与研究方法，并把每个研究步骤规范化。在此过程中，它为“系统工程与系统分析”这门现代科学的创建和开拓，作出了杰出的贡献。兰德人说：“兰德没有实验室，不制造硬件。”为有别于工业界通常使用的“系统工程”一词，他们称自己的方法为“兰德型系统分系”，即把传统的研究方法与现代分析结合起来，利用电子计算机技术提供的最新便利，全面分析影响事态发展的有关因素与资料，提出前景展望与多种政策方案，对比其间利弊，最终找出“多快好省”的“最优政策选择”。

兰德公司深刻体会到咨询与决策是两项不同性质的工作。咨询不能包办决策，决策不应左右咨询。只有客观的、独立的高水平的研究，才是提供高质量咨询的基础。今后它将沿着这样的道路，每年提出数百份高水平的报告，为各界服务。

1984 年，在钱学森给中科院系统科学研究所邓述慧的信中，建议办兰德公司型的研究所，希望系统所在国家宏观决策中发挥咨询作用。在钱学森的推动下，系统所于 1987 年先后成立了数理经济研究室、系统分析与控制室。1988 年，系统科学研究所、数学研究所、应用数学研究所三所又成立管理、、决策与信息开放实验室，挂靠在系统所。近 20 年来他们在黄淮海平原的综合治理、区域规划、全国粮食预测、全国农业投入产出表的编制、全面质量管理的应用推广、统计标准的制定、投资分析与项目评估、大庆油田老区改造的投资决策支持系统、长江三峡水库生态影响分析、控制系统的计算机辅助设计、全国人才、干部的预测等方面开展了大量工作，受到了国内同行的好评。他们的研究成果已经在国家和有关部门的宏观决策当中发挥了重要作用。

钱学森一贯主张决策科学化需要集体的智慧，重视决策咨询机构组织建设，发挥决策咨询机构的作用。20 世纪 50 年代，他在中科院力学研究所设立运筹学研究室、国防部第五研究院设立了作战研究处；20 世纪 60 年代，在航天系统实践了总体设计部；20 世纪 70 年代后期，指导航天系统研究所为我国国民经济决策提供咨询。向国家决策部门建议设立总体设计部等等，充分体现出钱学森关于决策咨询机构的性质和组织建设思想。

三、钱学森学派对系统决策和决策问题的阐述

钱学森等人认为，一切管理工作的核心就是决策。决策贯穿于管理的全过程。他们

把决策过程同现代的管理科学、计算机技术和自动化技术结合起来，将其划分为四个主要阶段：①调查环境，寻求决策的条件和依据，即"情报活动"。②创造、制定和分析可能采取的方案，即"设计阶段"。③从可资利用的备选方案中选出一个特别行动方案，即"抉择活动"。④决策的实施与评审，即对过去的抉择实施与评价。这四个阶段交织在一起，就形成了系统决策的过程。尽管不同的决策者在不同决策场合对上述四个阶段的看法可能不一样，但这四部分却构成了决策者所要做的主要工作。在系统工程的工作过程中，由系统开发得到的若干解决问题的方案，经过系统建模、系统分析以及系统评价等步骤之后，最终必须从备选方案中为决策者选出最佳的开发方案。这一程序是系统工程程序中最后一个，也是最重要的一个，即系统决策。

现代计算机技术、管理科学等的发展，给决策制定的过程赋予了新的内容和含义。在情报和设计阶段，主要是依赖于可靠、准确、及时的基本信息，因此管理信息系统（MIS）就成为当代决策的重要技术基础；而在抉择和评价阶段的主要技术措施就是模型方法，主要是指管理科学、运筹学、系统工程中的模型方法。将上述两部分技术集成起来，利用先进的计算机软硬件技术，实现上述决策过程，开发成界面友好的人－机系统，这就是决策支持系统（DSS）。从不同的角度来分析决策问题，我们可以得出不同的分类。

（1）按决策的重要性可将其分为战略决策、策略决策和执行决策，或称为战略规划、管理控制和运行控制三个层次。战略决策是涉及组织的发展和生存的有关全局性、长远、方向问题的决策，如国家和地区的产业布局、结构调整、战略方针、企业厂址的选择、新产品开发、新市场的开发等。策略决策是为完成战略决策所规定的目标而进行的决策，如企业的产品规格、工艺方案等。执行决策是根据策略决策的要求制定执行方案选择，如生产标准选择、生产调度、人力物力的配备等决策。

（2）按决策的性质可将其分为程序化决策和非程序化决策。程序化决策是一种有章可循的决策，具体表现为经常性重复出现，制定标准决策程序，如订单标价、核定工资、生产调度等。非程序化决策表现为问题新颖、无结构，处理这类问题没有经验借鉴，如开辟新的市场、作战指挥决策等。这一类决策根据问题结构化的程度又可分为结构化决策、半结构化决策和非结构化决策。所谓结构化是指问题的影响变量之间的相互关系可以用数学形式表达，问题的结构可以用数学模型表示；非结构化问题比较复杂，一般也不能建立数学模型；介于两者之间的称为半结构化决策。

（3）根据人们对自然状态规律的认识和掌握程度，决策问题通常可分为确定型决策、风险型决策（统计决策）以及非确定型（完全不确定型）决策三种。如果决策者能完全确切地知道将发生的怎样的自然状态，那么就可以在既定的自然状态下选择最佳行动方案，这就是确定型决策问题，如资源的分配优化、配置等，总之用数学规划解决的问题都属于确定型决策问题。如果构成一个决策问题，决策者对未来出现哪种自然状态不能准确给定，但其出现概率却可以估计出来，那么这种决策问题就称为风险型决策问题。例如天气好、天气坏的概率可以估计出来，这就属于风险型决策问题。如果决策者不但不能确定未来将出现哪一种自然状态，甚至对于各种自然状态出现的概率也一无所知，也没有任何统计数据可循，全凭决策者的经验、态度和打算，这类决策问题就是非确定型决

策问题。

(4)按决策的目标数量可将其分为单目标决策和多目标决策。仅有一个目标的决策问题是单目标决策,有两个或两个以上目标的决策问题称为多目标决策。

(5)按决策的阶段可将其分为单阶段决策和多阶段决策,也可称为单项决策和序贯决策。单项决策是指整个决策过程只作一次决策就得到结果,序贯决策是指整个决策过程由一系列决策组成,而其中若干关键决策环节又可分别看成单项决策。

四、我国的决策正向科学化、民主化、制度化推进

政府宏观管理是否有效,关键在于决策是否正确,而决策正确与否又在很大程度上取决于是否具有科学合理的决策机制。我国50多年的经济建设正反两方面的经验教训表明,决策正确,就能避免经济大起大落,促进社会和谐发展;决策失误,就会引起经济波动和社会震荡,造成不可挽回的损失。

邓小平在谈到如何进行决策时曾明确指出:“要同人民一起商量着办事,决心要坚定,步骤要稳妥,还要及时总结经验,改正不妥当的方案和步骤,不使小的错误发展成为大的错误。”实际上,“要同人民一起商量着办事”,就是问计于民,是科学决策、民主决策的重要环节,是减少决策失误的重要前提。“知屋漏者在宇下,知政失者在草野。”

以胡锦涛为总书记的新一届中央领导集体,非常重视决策科学化、民主化问题。党的十六届四中全会通过的《中共中央关于加强党的执政能力建设的决定》提出:“改革和完善决策机制,推进决策的科学化、民主化。完善重大决策的规则和程序,通过多种渠道和形式广泛集中民智,使决策真正建立在科学、民主的基础之上。”完善深入了解民情、充分反映民意、广泛集中民智、切实珍惜民力的决策机制,推进决策的科学化、民主化,已成为政治体制改革的一项重要任务。

近年来,党和政府就一系列事关全局、涉及群众利益的重大问题以各种形式问计于民,不断推进决策科学化、民主化。国务院发布了若干关于决策科学化和民主化的制度。表明决策科学正在向科学化、民主化、制度化推进,公众参与,专家论证和政府决定相结合的决策机制整形成。

由于人的决策活动关系到人的各种其他活动,因此可以用来指导决策活动的理论很多。决策科学和国家、集体、个人密切相关,具有普遍的指导意义,因此它已经日益引起人们的重视。钱学森认为,决策科学是一门新兴的综合性学科,尽管尚未根本解决决策科学的哲学基础问题,但它具有强大的生命力,发展比较迅速。这种大趋势,显然会继续下去。

第五十四章

探索未来,科学预测

上世纪70年代后期,当我国迎来了科学的春天的时候,钱学森勇猛精进,引领并指导着年青一代科学工作者拓展了众多新的学科领域。未来学和预测科学就是其中之一。20世纪80年代初,以美国著名记者阿尔温·托夫勒的《第三次浪潮》为代表的西方未来学著作涌入我国,掀起了一股强大的未来学与预测学的研究热潮。钱学森以冷静的态度给予理性的批判,为我国未来学和预测科学的健康发展指明了前进的道路。

钱学森是一位逻辑严谨、学术思想活跃、富有科学预见性和敏锐洞察力的科学家。他始终站在现代科学技术的最前沿,以严谨的科学态度与广大科学技术工作者一起在广阔的科学领域研究和探索。

一、钱学森与中国未来学研究

人类一直在憧憬美好的未来,并为之奋斗。马克思在无产阶级伟大的纲领性文件《共产党宣言》中,就曾科学地预见共产主义是人类最美好的未来。

"未来学"(futurology)一词,是在美国任教的德国政治学教授欧·费莱希泰姆于1943年首次提出和使用的。从此,在西方兴起了对未来学的研究。美国著名的兰德公司,就是那时出现的。有人说兰德公司的产生就是美国现代未来研究开始的标志,而钱学森就是兰德公司草创时期的参与者。

未来学是一门新兴的综合性学科,是横跨社会科学、自然科学和应用科学各个领域的一个边缘学科。未来学研究的范围很广泛,涉及政治、经济、军事、科学技术、文化教育等许多方面。虽然、未来学是一

门伴随科学技术的发展而出现的新兴学科，在世界上只有60多年的历史，但人们对未来的研究却是由来已久的。中国有一句老话："人无远虑，必有近忧。"未来问题可以说是普遍存在的。未来学是研究未来问题活动规律的一门学科，它的任务就是根据客观事物发展的规律去进行预测和作出决策。从上世纪60年代末到80年代的十几年中，科学技术的空前发展，给人类和社会带来了许多新问题，展现了各种可能出现的前景。这为西方的未来学研究提出了大量新课题，使未来学研究具有丰富的现实内容，并为未来学研究提供了更科学的根据和更可靠的方法。科学技术对人类和社会产生的巨大影响，为未来学专家们所注目，社会问题方面的未来学研究又逐渐占据了主导地位。

我国从20世纪70年代后期开始，在钱学森等著名科学家的倡导下，逐步开展了现代未来学的研究工作。1979年1月，正式成立了中国未来学研究会，钱学森被推选为名誉理事长，这对系统地开展现代未来学研究起了重要的推动作用。

1979年，钱学森在《现代化和未来学》一文中阐述现代化建设与未来学关系时，阐述了未来学的学科属性和研究对象。他说："预见未来决不能零敲碎打，而要综合多方面的发展变化，包括因生产力的提高所带来的生产关系的变化，因为社会经济基础的变化所带来的社会上层建筑的变革。我们研究这些发展变化的相互关系，这正是未来学。而未来学也正是一门社会科学，因为它研究的是未来的社会发展。"同时，也明确指出："未来学必须以辩证唯物主义和历史唯物主义为基础，也就是用马列主义、毛泽东思想的立场、观点和方法来研究人类社会的发展，预见未来。这才是真正科学的未来学，客观的未来学，是研究未来学的唯一正确道路。"

他认为，预见未来，预见未来社会，而且是科学的预见，不是瞎猜，那就要掌握社会运动的规律，而规律必须从分析过去和现在的社会运动发展中得到。在研究物质运动的自然科学中，人们常常称讲物质状态的学问为静力学，描述物质运动的情况的学问为运动学，分析并预见物质运动的学问为动力学。如果借用这个说法，可以说我们对社会学的研究，已经完成的大都是"静力学"或"运动学"性质的，而现在要研究未来学，那就必须把社会学研究深入到"动力学"的阶段。所以未来学也是"社会动力学"。

二、中国的"未来研究要有中国的特色，联系中国的实际"

1. 未来研究要有特色，要联系实际

1983年8月，中国未来研究会在黄山召开"公元2000年的中国"学术讨论会。会前，钱学森对这次会议非常关心，于7月16日在他的办公室亲切地接见了研究会的王建新和韦锡新同志，就"公元2000年的中国"研究等问题谈了自己的意见。钱学森指出："马克思主义未来学，首先是一门科学的未来学……所谓科学，核心就是马克思主义哲学，就是辩证唯物主义。""马克思主义未来学不在于像有人说的那样，研究问题的次序是从现在到过去再到未来，而是要研究人类社会发展的客观规律，用以指导我们去预见未来。这是马克思主义未来学的根本。"钱学森认为："现在有一些人不科学，国外的东西都是好的，晕头转向，这样不好，中国未来研究会不能这样。我们是以马克思列宁主义、毛泽东思想作指导，坚持四项基本原则，这是无论如何不能含糊的。我们要以《邓小平文选》精

神来考虑中国未来研究会怎么办,这个要在今后的工作中体现出来……未来学考虑的问题还要更远一点,但也不能脱离国家的长远规划。既要与长远规划有联系,又要比长远规划考虑的更远,所以我说15年到50年,与国家的长远规划不脱节,又为更长远的规划做准备。你们这个学术讨论会应该起点带头作用,因为你是未来研究会,你要站得更高,看得更远,未来研究既跟长远规划有联系,又走在长远规划的前边。"

钱学森强调指出:"中国未来研究会应有自己的特色,是综合性研究,但是做加法的综合不行,重复别人研究的东西也不行。要的是化合作用的综合才行,综合后要比人家更高、更深。学术讨论会要开出自己的、未来研究会的特点来,要联系实际,但不要与其他学会研究的内容重复。"

1985年11月7日,钱学森在与《未来与发展》编辑部人员的谈话中指出:"中国的未来研究是用马列主义作指导的,目的是很明确的,要走向共产主义。按照党中央的提法,首先就要在建国100周年达到当时的世界先进水平。做到了这一步,中华人民共和国就将成为世界的楷模,也是马克思主义的胜利。但建国100周年要达到的、我们中国社会主义的、世界的先进水平,到底如何做到这一步呢?这样,要研究。任务很光荣,但要研究的问题就很多,而且比长远规划难得多。即使具体结果不那么准确,也要做这种研究,总比没有这种研究而只有外国人的看法要好。中国的未来研究应该争取成为世界上独特的、第一流的未来研究。"

钱学森进一步明确指出:"重点研究21世纪上半叶,任务很光荣,但又很困难,可以办得到吗?我的回答是可以办到的。首先,主要是我们有马列主义作指导。第二,现在有新的科学方法,就是系统工程和系统科学。第三,现在已经有了情报收集手段及计算工具。所以,我们有马列主义哲学概念的指导,有具体的科学方法,又有具体的计算工具,事在人为,必能搞好这项研究工作。"

2. 军事、战争也是一个未来问题

钱学森在与未来研究会同志的谈话中指出:

> 国外现在的未来主义者不讲战争,是一些所谓的和平主义者或冒充和平主义者。从马克思主义观点看,现在资本主义没有垮台,还有帝国主义,世界上还有超级大国,尽管近期来看世界范围的战争打不起来,但小的战争从来没有间断过,战争的危险依然存在。而我们是社会主义,将来还要走向共产主义,这个基本矛盾就注定战争是不可避免的。作为中国人不能忘记这个基本矛盾。所以,中国的未来研究里面,对军事、战争,不能不研究,这个问题要在未来研究中,一定要有一个位置。
>
> 军事问题,也是一个未来问题,要讲的远一点。当前,应当总结过去20多年来小战争的情况和现代国外军事科学技术发展的状况,作为研究未来军事科学的起点,然后再讲将来可能看到的战争状况。
>
> 看起来,掌握了现代科学技术,在军事技术上得到运用,对不侵略别人的国家是很有利的,对侵略国家越来越不利(指现代科学技术在防御武器上的应用,使防御优势大大增强,可用比较小的代价摧毁昂贵的进攻装备,如飞机、坦克、

军舰)。所以,西方一些国家的科技人员就在杂志上公开讲军舰没有用。但政府还是拼命制造军舰,他们手下也有智囊团在研究,为什么还要制造呢?因为代表剥削阶级利益的统治集团要侵略别人,奥妙就在这里。科学技术的发展对军事技术的未来发展非常重要,未来研究会要研究这个问题,我们要"居安思危"嘛。

三、未来学要研究改造中国社会的问题,研究中国的未来

钱学森认为:"15 年到 50 年后的中国发展,这是一个很大的问题,中国社会要发展中国社会要改造。中国 2000 年的封建社会,100 多年的半封建、半殖民地社会,遗留下来的很多东西,对于现代化建设、三个文明的建设很不适应,矛盾太多。社会结构要改革。我们可以举出很多这方面的问题,说明是社会结构问题。比如说,分散,没有社会化,我们每个单位都是一个小天地。大家经营小天地矛盾就太多,没有社会化就没有现代化,靠现在这样的结构实现不了现代化,这是一个很大的问题。要考虑中国的未来,中国的社会怎么改造,这个问题是非常重要的。你们要研究这个问题。中国社会的改造是实现中国现代化所必需的。"

钱学森还概括地讲了近百年来改造中国社会的情况。他说:"当然,改造中国社会也不自今日始,辛亥革命推翻了清皇朝统治,从那时就开始了,但后来受阻,国家危难,是中国共产党领导全国人民历尽艰难困苦,终于用了 28 年时间彻底打垮了反动势力,夺取了国家政权,走上了社会主义道路。这在中国社会改造史上是一件了不起的大事,丰功伟绩,与日月争辉!但改造中国的历程并没有走完,到共产主义社会的道路还很长。而我们前进中又有曲折,是党的十一届三中全会纠正了过去的错误,回到马克思列宁主义、毛泽东思想的正确路线上来。这些都可以在《邓小平文选》明确地领会到。三中全会以来的一系列重大改革是改造中国社会的极为有效的措施,正在推动着改造社会的进程。这充分证明中国共产党是改造中国的核心力量。"钱学森的这些话今天读来仍然倍感亲切和发人深省。

钱学森还指出:"中国未来研究的任务就是展望 21 世纪,研究改造中国社会问题。中国是一个很有意思的国家,研究中国应该兴趣无穷,中国的问题不少,但中国是很有希望的。大家要坚持四项基本原则,解放思想、实事求是,结合中国的实际、世界的情况,研究中国的未来。"

四、钱学森对预测的本质的理解

1985 年钱学森在与文艺界有关同志谈话时专门谈到"关于文艺预测的问题",其中也揭示出一些预测的本质。他说:"预测的问题,被一些人搞得很神秘。其实预测问题,在马克思主义看来,就是研究过去可以了解现在,研究现在可以知道未来。我看,现在所说的预测,无非是一种方法,它不能改变实质性的东西。"(《科学的艺术与艺术的科学》,126～127 页)钱学森认为,预测的本质性东西有两个:一是你了解的情况是否真实;再一点就是你要了解历史发展的规律。现在预测被弄得很神乎,似乎方法可以决定预测的结

果。钱学森说:“预测首先是了解情况,掌握规律,而方法不是决定性的东西。”

人们没有理由无视钱学森对预测本质的理解,因为在他的名字背后,确有一串由于成功地把握了趋势而使预测变为现实的实例。资料记载:1949年,钱学森在纽约首次宣布射程万里的导弹是可以搞成的。当人们听他描述这种导弹的形状和速度时,莫不感到“吃惊”,然而,时隔几年,苏、美的洲际导弹搞成了。30年后,钱学森又在北京的一次军队高级干部会议上,颇有点激动地呼吁大家学习和运用军事系统工程。他说:“我今天讲这个问题,和1956年陈赓大将让我给军队的同志讲导弹技术,有同等重要的意义。”几年之后,方兴未艾的学习和运用军事系统工程的实践已经证明,钱学森讲得不错。

五、对科学技术发展的展望

在20世纪50年代初,钱学森曾提出空中往返的航天飞机的概念,就是后来在20世纪80年代初美国研制成功的航天飞机原始概念。这是一个完全被证实了的科学技术发展预测。

到了20世纪80年代后期,钱学森又一次对航天高技术领域提出了新的展望。1989年9月钱学森在《珍惜“两弹一星”成功经验》一文中提出一项很具体的设想,他觉得要把眼光放远一点,看到21世纪中叶去。如果把眼光放得更远一些,看到21世纪中叶,到那个时候,我们要干的,就比现在想的要高得多。是什么?是真正的空天飞机,就是从地面水平起飞又水平降落的运载系统。即使到21世纪初,我们的国力恐怕也干不起这件事,没有那么多钱。这个问题当然难极了,因为实际上要造25倍音速的飞机。美国人曾经有个雄心勃勃的计划,打算头一个样机要在1993年搞出来。不过,美国的科学家担心办不到。因为这里面的问题复杂极了,仅就材料来说,那里面所需的材料全部都是新的。发动机动力系统跟机体系统怎么结合?也是全新的问题。其他问题还多着呢,所以在卫星技术直接为国民经济、为社会主义建设服务这个主战场外,我们应该抓的,就是瞄准21世纪中叶的真正的高技术,做预先研究工作。而这个项目的预研是很不容易的,要搞三五十年才行。这样,到下个世纪中叶,我们在空天飞机技术的某些方面,也许能达到世界先进水平,也就有资格加入国际合作了。总之,我们千万不要目光短浅,拼死拼活,花了国家大量的人力、物力,到21世纪初,搞出个人家淘汰的东西,那我们就无法向人民交代了。

一、钱学森沙产业理论与设想的形成
二、创建沙产业理论核心——正确的认识、科学的理论、有效的方法
三、倾力推进沙产业的发展，用知识、智慧和爱心造福西部人民

第五十五章 钱学森的沙产业理论与设想

1984 年 7 月 27 日，内蒙古自治区党委决策内参《调研信息》（第 24 期）首先加按语全文发表了钱学森一篇具有理论意义和战略意义的文章——《创建农业型的知识密集产业——农业、草业、海业、沙业》。接着《农业现代化研究》（1984 年第 5 期）、《世界经济导报》（1984 年 9 月 17 日）、《新华文摘》（1984 年）等报刊相继转载。这篇文章突破了传统农业的局限，开拓了人们的视野和思路，为国内外所重视。

一、钱学森沙产业理论与设想的形成

钱学森回忆，他参加我国火箭、导弹试验，曾多次到过内蒙古西部的额济纳河边。他说："旁边都是沙漠戈壁，但并不是一片荒凉，而是有不少动、植物。每年基地要发展生产，就是挖甘草，挖出一大卡车一大卡车的，我给基地的人说，你们这么只挖不种，挖光了怎么办？还有基地的伙房挖梭梭树，说木头好，烧时火旺，我说老挖不种挖光了怎么办？我从这里得到启发，觉得沙漠戈壁不是完全不毛之地，关键是我们要经营，用科学技术来经营管理。"当时，如何用科学技术经营管理沙漠戈壁，合理开发沙生动植物，已进入钱学森的思考范围。后来钱学森以科学的眼光在全国最早提出"沙漠充分发挥它的作用，那就靠沙产业了"，号召西北沙区开发沙资源，发展沙产业。钱学森深刻分析了我国沙区农业气象资料、土地资源特征，指出沙区不仅具有发展农业生产的制约因素，也具有独特自然优势，关键在于如何利用独特的自然优势，克服其不利因素。沙产业的核心在于，利用自然科学、工程技术及一切可以利用的知识，来提高太阳能转化效率，增加光合作用

及产品质量,也可以形象地说成是“沙漠绿色产业”。沙产业愈发达,第一性产品的产量就愈多,人们为追求生活必需品而进行的盲目开垦和放牧就会相对得到控制,脆弱的自然资源就会得到休养生息的机会。

钱学森最早提出沙业产业理论与设想是在1984年,他在《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》文中第六节“沙业产业”中谈到:

现在谈到的最后一门农业型的知识密集产业是利用沙漠和戈壁的“沙业”。在我国沙漠和戈壁一共大约有1亿多公顷(16亿亩),和农田面积一样大。沙漠和戈壁并不是什么也不长,极干旱不长植物的只是少数,大部分沙漠戈壁还是有些降水,有植物生长,有的还长不少的多年生小植物。也有小部分干旱地沙漠化了,那是可以考虑引水灌溉的。

目前人们从沙漠戈壁获取的只限于采集特产的药材,而且也只采不种。作为沙业产业,就应该改变为既采又种,提高产量。现在国外也有人在研究种“石油植物”,收割后提炼类似原油的产品。这样沙漠戈壁成了取之不竭的地面油田,那真是沙业的大发展了。

所有这些,还要进一步研究,但沙业产业的可能性是存在的。沙漠戈壁有充足的阳光,可以直接用太阳能电池来发电。美国加利福尼亚州现在就有个容量为(日中发电)1 000千瓦的电站,计划要扩建到(日中发电)16 000千瓦。预计到20世纪90年代每1千瓦容量(日中发电)的建设费为2 000美元,将来还可以降到接近其他电站的投资。沙漠戈壁的风力资源也很大,可以利用来发电。这可以是一项非常重大的产业,但都是直接利用太阳能,没有通过植物的光合作用,不属农业型的产业(《社会主义现代化建设的科学与工程》,254页)。

关于“沙产业”的一系列精辟论述,都是过去的书本文件和专著论文中没有见过的新论点,却是适应今天新时代革故鼎新深化改革的科学倡议。

1991年3月,钱学森率先倡议并参加了“全国沙产业研讨会”在会上作了《发展沙产业大有可为》重要讲话,他殷切关怀我国创建沙产业和沙漠的治理与开发。他提出:“假使我们运用全部的现代化科学技术,包括物理、化学、生物学这样的基础科学,能不能在让这16亿亩的沙漠戈壁每年也提供几千亿元的产值呢?有没有这个可能,这是值得研究的问题。”他预言“农业、林业、草业、海业和沙业,假使这5个产业都实现了,将又是一次产业革命,即第六次产业革命……可能在下个世纪出现。”钱学森满怀信心地说:“我们中国人是有能力有智慧的,建立沙产业咱们中国人能不能带个头啊,我看一定能成功。”

《人民日报》于1993年2月17日至6月30日推出的“治沙工程与沙业展望”专栏编者按指出:“钱学森作为科学学的创立者,高瞻远瞩地指出了一系列向自然界新领域进军的设想,包括建立林产业、草产业、海产业和沙产业……随着现代科学技术的发展,不但已经有了可能以更有效的手段治理沙漠化,而且可以对不能治理的沙漠作生产性开发利用。这就是钱学森同志提出建立沙产业这一科学思想的精髓。”这个专栏的开篇就是《建立沙产业的思考——钱学森致刘恕信件摘录》。1993年2月19日《光明日报》发表了《迎接第六次产业革命——钱学森关于发展农村经济的两封信》等一系列科学设想和倡

议，在中外学术领域和社会经济结构的变革发展上，首次提出了"第六次产业革命"的概念。把"沙漠"与"农、林、草、海"并列，纳入"第六次产业革命"的主战场，彻底地改变了人类对沙漠戈壁的认识和态度，真是震古烁今，新人耳目，发人深省，催人奋进。

综上所述，钱学森之所以提出沙业产业理论与设想也是有一个相当长的形成和孕育期的。早在上世纪50—70年代，由于我国组织实施"两弹一星"事业，钱学森经常往来于大漠戈壁，有时在西北戈壁一住就是一两个月。傍晚或清晨，他常常一个人漫步于沙漠戈壁，梭梭树和其他一些植物，使这位著名科学家获得了许多重要启示，因此，他对沙漠戈壁的情况是比较了解的。在"纪念钱学森沙产业10周年纪念会"上，钱学森对这一理论设想的形成有过比较详细的说明。

二、创建沙产业理论核心——正确的认识、科学的理论、有效的方法

对钱学森提出的沙产业理论正在日益丰富，可以简要地归纳为以下三点。

1. 对沙漠戈壁的正确认识

钱学森把沙漠和海洋、农田、草原、林地并列，统一认定为地球表层接受阳光的表面，极大地开拓了人类谋求生存活动的空间。我国的沙漠、戈壁和沙化土地，多达150万平方公里，钱学森认为发展沙产业变不毛之地为活土，要创建为国家提供上千亿元产值的沙产业。随着宣传普及和实践推广，这种认识在近年来逐步扩大着影响力。日本的沙地开发利用专家远山正英教授认为，"21世纪是沙漠开发利用的世纪"，"解决中国人口众多的出路在中国西部"。印度总理拉奥1994年5月23日在新德里的召开的一次国际会议上说："像印度这样的穷国必须要找到开发那些不毛之地的新方法。"

钱学森倡导创建沙产业理论，是一种新的理论思维，是正确利用沙漠的科学构想。钱学森关于创建知识密集型农业的科学构想，最终目的是用来满足人类的食品需求，具有前瞻性的导向作用和全局性的战略意义。

2. 为开发沙漠戈壁提出了符合客观实际的科学理论

通过光合作用固定太阳能是钱学森创建农业型知识密集产业的共同的核心内容。沙产业的核心是如何充分有效利用"取之无禁，用之不竭"的阳光去建立生态转化系统。钱学森进一步指出，这种固定太阳能的工业就是附着在生命活体上的叶绿体，它结构灵巧、功能神奇、效率高，又可以依靠自然的生命力自我更新、自我复制。这就端正了人类去沙漠地区从事经济活动的大方向。钱学森的沙产业的技术路线可以表达为"多采光、少用水，新技术、高效益"。在新世纪来临之际，钱学森再次向中央建议"开发中国的西半部，以科学的方法和市场经济体制来开发林产业、草产业、沙产业和海产业"。钱学森指出，西部开发要和农业结合起来，要建设沙产业、草产业和林产业，促进西部开发农业现代化。应在"不毛之地"的戈壁沙漠发展农业生产，充分利用戈壁滩上的日光和温差等有利条件，推广使用节水技术，推进知识密集型的现代化农业。要推广应用在实践中创造的"多采光、少用水，新技术、高效益"的沙产业技术路线。他强调，在西部开发中，要转变关于西部沙漠的思维定式，要看到沙漠戈壁上也有发展农业的有利条件，"不仅是治理，

更重要的是开发，将治理蕴含于开发之中”。

3. 为开发沙漠戈壁提供了具有可操作性的有效方法

钱学森强调利用现代知识，利用信息革命的成果，利用新材料、新工艺，强调学习国内外的新经验，要运用系统科学的知识，系统管理的最新成果，要引入市场机制的产业经营理念和方法。这些集中了人类最新知识的强大手段，将使我们可以乐观地面对21世纪的明天：一个食品丰富的世纪；一个人类理智对待自然，包括用清醒的头脑支配和约束人类自己的世纪；一个在地球表层上，天地生人和谐发展的世纪。

钱学森认为，我们在21世纪实施西部大开发战略，自然起点要高。在开发林产业、沙产业、草产业时，要强调知识密集型，要把现代科学技术，包括生物技术、信息技术都用上，而且一开始就搞产业化，形成生产、加工和销售一条龙，并注意综合利用。

正是当沙产业的理论走向实践并在河西走廊的基地上迅速发展后，我们才认识到，钱学森关于沙产业的理论，有现实的可操作性，不是一种远不可及的、和实践经济活动不相干的“构想”。

1984年8月，钱学森发表了“创建农业型的知识密集产业”的理论。在这一理论发表10周年之际，由中国科学技术发展基金会沙产业基金筹备委员会组织，1994年9月26日至28日，在北京林业大学国际交流中心举行了“纪念钱学森建立沙产业理论10周年学术研讨会”。代表们认为，钱学森的沙产业理论，把人类利用太阳能的产业从农业、林业、草业、海业推广到沙业，从而实现全面利用地球表层太阳能资源为人类繁荣和发展的目的，把我国广大沙区的工作方向以单纯的防治转到沙区资源合理利用的轨道，并采用现代科学技术，建立起知识密集型产业体系，这是我们认识和利用资源上的一次革命，其意义是十分远大和符合社会发展历史的。代表们认为，这10年来的实践证明，钱学森的这一思想对于指导我国干旱、半干旱区域的沙漠治理和沙区资源的合理利用，实现沙区环境、资源、人口和经济的协调发展具有现实指导意义。沿着钱学森设计的这条产业路线奋斗下去，把我国广大西北沙区建设成为一个生态环境得到改善、资源开发合理、经济持续发展的繁荣昌盛的目标一定能提前实现。

三、倾力推进沙产业的发展，用知识、智慧和爱心造福西部人民

1993年12月6日，钱学森邀请中国科协书记处书记刘恕、董智勇同志和《人民日报》谢联辉，在他的办公室，专门座谈了沙产业和林业问题。钱学森认为，对中国最大的威胁是森林少，土地沙漠化。林业要转变经营思想，加快发展。从现在开始，要研究中国的西部问题，特别是中国西部沙漠的治理和合理开发问题。20年来，由于有钱学森为代表的一批科学家的倡导和推动，党中央、国务院连续召开了全国防沙治沙工作会议，制定了防沙治沙规划，并且不断增加投入。1992年8月，经民政部批准，成立了中国治沙暨沙产业学会。从1994年开始，进行全国沙漠普查和监测工作。

1994年7月，钱学森在全国政协常委会上郑重提出：“在不少于100年的过程中改造利用沙漠，这就是沙产业的任务。我们要在100年内逐步地做，中间不断地有所发展。”

1994年9月29日，钱学森在办公室听取了内蒙古阿拉善盟盟委书记杨力生同志关

于该盟沙产业——苁蓉酒的酿造情况的汇报。钱学森说："内蒙古阿拉善盟左旗有好多产品，有驼绒、苁蓉酒、中药产品，这些产品是远销国外的……中医药、中药材要发展，是有很大很大的前途的……所以咱们的沙漠地区的产品将来不得了，身价百倍，现在已经做了开头的发展。"

1999 年，号称"内蒙古私营企业第一强"的东达蒙古王集团，响应中央实施西部大开发的号召，斥巨资进军库布其沙漠，搞起了沙区适生灌木沙柳产业化综合利用项目。一是为救活濒临破产的国有造纸企业，率先采用"沙柳配草木浆生产挂面箱板纸"新工艺，用沙柳茬的木质纤维素作为造纸原料；二是用订单林业激发沙区群众种植沙柳、及时平茬的积极性，帮助农牧民脱贫致富；三是为了科学发展羊绒加工业，在沙柳行距间种植优良牧草，伴以玉米秸秆等饲料，为绒山羊舍饲、半舍饲创造条件，健康发展羊绒加工，从而把"绿化"和"产业化"合理对接，"绿起来"和"富起来"有效结合，创造性地探索了在我国西部沙区恢复生态、发展生产、提高农牧民生活即"三生统一"的新路。

因为这个项目是在钱学森知识密集型沙产业、草产业、林产业理论指导下进行的，所以 2001 年 5 月 20 日，内蒙古自治区政协经济委员会专职副主任郝诚之和东达蒙古王集团总裁赵永亮同志，联名把项目进展情况向钱学森作了书面汇报。5 月 30 日，钱学森给郝诚之和赵永亮同志复信，高度评价这一项目。他说："我认为内蒙古东达蒙古王集团是在从事一项伟大的事业——将林、草、沙三业结合起来，开创我国西北沙区 21 世纪大农业，而且实现了农工贸一体化的产业链，达到沙漠增绿，农牧民增收，企业增效的良性循环。我向您们表示祝贺，并预祝你们今后取得更大的成就。"

钱学森所以高度肯定内蒙古东达蒙古王集团进军库布其沙漠的壮举，就是因为西部大开发有特殊的规律，必须提倡林、草、沙三业结合，搞绿色系统工程；既要绿起来，更要富起来，不能以绿色划句号。生态效益、社会效益、经济效益必须三者兼顾。钱学森说得深刻："这样的任务当然是长期而又艰巨的，可能要经历几代人的努力。但'两弹一星'的实践使我深信，在中国共产党的坚强领导下，依靠广大人民群众，包括科学家和工程技术人员，我们一定能够克服各种困难，用'两弹一星'精神和经验，把祖国的西部建设成繁荣昌盛的家园。"

截至 2001 年，在河西走廊甘肃的张掖地区，已建立了 13 个沙产业综合开发示范区，地膜和保护地栽培近 6.7 万公顷(100 万亩)，其中日光温室、塑料大棚 2 550 公顷(3.83 万亩)。山丹县沿 312 国道，在不毛的戈壁滩上建成 235 座大棚。在该县东乐乡的戈壁滩上，1997 年建的雨水汇流工程，利用暴雨径流发展沙产业，建成半地下温室 300 座，变戈壁为绿洲。一系列包括全自动化温室，脱水蔬菜厂，现代化养猪场，滴、渗、微、喷灌节水农业设施等在内的沙产业示范基地，已在甘肃、内蒙古、新疆等西部地区发展起来。

在钱学森的倡导下，1994 年 9 月 27 日中国促进沙产业发展基金会在北京成立。该基金隶属于中国科学技术发展基金会，本项基金的宗旨是："促进著名科学家钱学森教授关于沙产业学科思想的深化、发展与实践；促进和扶植沙产业实体的创建与发展；宣传沙产业学科思想和沙漠治理典型，教育人们了解、掌握沙漠地区自然生态环境特征；促进人才的成长。"

1993 年 12 月 6 日，钱学森将一位印泥华侨捐款 30 万元港币全部交给发展沙产业事业；1994 年钱学森获“何梁何利基金优秀奖”，奖金 100 万港元的支票甚至都没有经过钱学森的手，他就让工作人员全部捐赠给促进沙产业发展基金；2001 年获霍英东奖金委员会颁发的“霍英东杰出奖”，奖金 100 万港元，全部捐赠给促进沙产业发展基金和钱学森草产业奖励基金。钱学森始终过着节俭的生活，却把每一笔奖给他用于改善生活的钱都交给了发展沙产业和草产业的事业。

这些年来基金会的理事们在钱学森精神的激励下，用心策划、精心安排，坚持节约用钱，多办事、办实事和办重要的事。先后出版了《纪念钱学森建立沙产业理论十周年文集》、《沙产业——跨世纪的沙漠利用战略构想》、《步入实践的沙产业》和《沙产业概述》等有关发展沙产业的专业理论图书；到 2001 年在全国范围内奖励了 4 批对发展沙产业作出贡献的同志；先后在河西走廊的张掖、武威等地建立了若干发展沙产业的示范区和试验基地；提出了“阳光计划”，并逐步落实沙产业实干人才的培训；钱学森特别强调发展沙产业和草产业事业最重要的是人才，按照钱学森的建议，沙产业发展基金在甘肃农业大学、内蒙古农业大学和宁夏农业大学等 3 所高校中开设“钱学森沙产业奖学金班”资助经济困难学生上大学。

钱学森用知识、智慧和爱心造福西部人民的崇高精神令人感动。钱学森的秘书涂元季在一篇短文中讲过这样一件事——1994 年在北京召开“钱学森建立沙产业理论十周年纪念会”之时，钱学森因行动不便，不能亲临会议。他写了一个书面发言，让涂秘书带到会上宣读。他把发言稿交给秘书时交代说：刘恕召开这个会，请来的都是在治沙一线艰苦奋斗几十年的先进模范人物。对于这个会和参加会议的人员我要表示敬意。但我行动不便，只能以书面的形式表达。请你带到会上，由你宣读，或由刘恕宣读。沙产业是一个重要问题，它涉及西部沙区建设，更涉及第六次产业革命的长远问题。所以我想请你今后在这个问题上，协助我多做些工作，这件事可能辛苦一些。现在许多人都往东南部对外开放的特区跑，而你可能要更多地关注西部，到西部出差可要辛苦的多啊！

刘恕研究员是我国著名的治沙专家，曾任甘肃省政府副省长、中国科协副主席等职务，因沙产业事业与钱学森有很多交往。她在一篇题为《传道、授业、解惑》的文章中说，钱学森重视实践，看中实践的作用和实践的意义。由于年高不便行动，他无法亲临沙产业的生产基地，为了让他能够亲眼看到群众实践沙产业理论的成效，我们有时从野外返京，带回一点戈壁滩上大棚中无土栽培的果实，虽然到他看到的时候，已经失去了鲜度，但他依然高兴地视为“礼品”。每当向他汇报河西走廊沙产业基地的新进步时，他总是夸奖鼓劲，尤其对长期工作在沙区第一线的基层干部和实干家，非常器重，认为创建和发展沙产业主要依靠他们。

第五十六章 钱学森的草产业理论与设想

在钱学森的理论中草是人类生存的生命之舟，必须建立完整的优化生态性开放体系。草产业是多学科的产业，在国民经济大农业系统中占有重要地位。早在1984年钱学森以科学战略家的眼光相继发表了《草原、草业和新技术革命》、《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》等理论文章，提出创立知识密集型的草产业的主张，为草业科学指出了一条崭新的发展道路。

一、钱学森草产业理论与设想的形成

常识告诉人们，自然界生物资源有三大类：植物、动物、微生物。微生物同样可以提供食物、饲料、工业原料。显然，要创建"三维结构"新型农业，必须实现"植物种植业、动物牧养业、微生物发酵业"三者相结合。通过微生物利用被废弃的50%～60%植（动）物产物，转化为食物、饲料和工业原料，这是符合可持续发展的战略、生态良性循环的新型农业。

1984年，钱学森应约为《内蒙古日报》撰写专论《草原、草业和新技术革命》（1984年6月28日），高屋建瓴地指出，内蒙古自治区有8 670万公顷（13亿亩）草原，如果"下决心抓草业"，"可是件大事"。因为"农田少，大约才467万公顷（7 000万亩），而草原面积却是农田面积的18倍还多，所以草业的产值完全可以大大超出农业的产值。一旦内蒙古带好这个头，全国的草原利用好了，草业兴旺发达起来，它对国家的贡献不会小于农业"。

钱学森在专论中不但认真分析了内蒙古的草场资源，而且细心研究了当时内蒙古党委第一书记周惠同志发表在《红旗》杂志1984年第

8 期上的关于蓄草双承包的文章，结合利用世界新技术革命的机会，提出了内蒙古自治区草原建设的新理论和新模式——利用系统工程的方法，研究并创立中国式的现代化草业和草业系统工程。钱学森尖锐地提出："现在国家有农牧渔业部、林业部，可没有草业部，而我国草原面积是农田面积的 3 倍，一共有约 2.87 亿公顷（43 亿亩），怎么能忽视草业？"他详细论证了草产业不被重视的历史原因和用现代科技发展草产业的新食物链新结构图：从精心种草、饲料加工、工厂化饲养、沼气发电、残渣养鱼、废液还田；从草业综合基地、定居点、现代化草业新村（即小城镇），到旗县经济、通信电视、政治文化、教育中心等等。

为了深刻领会钱学森以知识型、产业化来科学开发内蒙古资源的思想，进而为内蒙古的高层决策提供科学依据，1984 年 6 月 29 日，内蒙古的科技人员诚挚请求钱学森把文中的观点展开谈一谈。7 月 7 日，钱学森欣然应允，寄来了他放眼 21 世纪的西部开发研究成果——《创建农业型的知识密集产业——农业、林业、草业、海业和沙业》。文中第四节"草业产业"如下：

> 再一类农业型产业是草原经营的生产，这可以称为草业。我国草原面积，如果包括一部分可以复原的沙化了的面积，一共有 2.87 亿公顷（43 亿亩），也差不多是农田面积的三倍，但我国目前草原的经营利用十分粗放，效益很低。据周惠同志的文章，从 1947—1983 年这 37 年中，内蒙古自治区的约 8 670 万公顷（13 亿亩）草原，畜牧累计产值才 100 多亿元，折合年亩产值才 0.2 元多，比每亩农田的年产值的确小得多。但利用科学技术把草业变成知识密集的产业以后，这种状况是可以改变的。
>
> 怎样利用现代科学技术发展草业？还得从利用太阳光这一能源做起，搞好光合作用，也就是要精心种草，让草原生长出大量优质、高营养的牧草。这里有引种和培育优良草种的工作，还有防止自然界的天敌害工作，如灭鼠：灭鼠最好少用药剂，以免牧畜受害，用鼠的天敌，如猫头鹰、黄鼠狼等。一亩草原经过这种科学改造，亩产干草多少？总可以比现在大大提高，年亩产干草几百斤总是可以的吧？这是草业的起始。
>
> 不用以放牧，这草就要及时收割下来，运送到饲料加工小厂。这里有个一年能收几次和何时收割最好的问题。但以牧草为基底的饲料加工技术是比较成熟的，前面已几次提到，不必细说。
>
> 既然集中在工厂生产饲料，饲养牧畜也当然是集中的，工厂化了的。
>
> 畜产品的乳和出栏供屠宰的牧畜，这都要运到集中的加工工厂进一步加工，综合利用，而这里有些产品，如血粉、骨粉又要返回到分散的饲料厂作为添加剂。
>
> 根据前面讲的多层次利用的设想，饲料加工的废料和饲养点的牧畜粪便也要充分利用，种菌、养蚯蚓、养鱼、造沼气等。沼气多了还可以用来开汽车、开拖拉机、发电。这种生产和定居点大约有几百人的居民，构成草业的生产基地，它经营的草原范围有十几公里到二十公里。既是几百人的居民点了，就可以有小

学和初级中学。有用沼气和风力的上千千瓦的电站，有生产及生活用水的供应等，从通信广播卫星可以直接收电视广播节目，这就是现代化的草业新村。

畜产品的综合加工厂设在县级小城市。那里也是政治文化中心了应该有草业的中等技术学校和师范专科学校。

“创建这种知识密集的草业产业，在我国2.87亿公顷(43亿亩)草原上每年可能获取几千万吨的牛、羊肉食和大量的乳品，我国人民的食品构成也将改观。当然，要做到这一点，也要选适当地区建立试点以取得经验。”(《社会主义现代化建设的科学与工程》，251～252页)

钱学森在该文的引言中语重心长地指出：“要看到21世纪，看到在我国大地上将要出现的知识密集型农业，从而导致整个国家生产体系和生产组织的变革。”钱学森预言，农产业、林产业、草产业、海产业和沙产业等新兴产业，将构成社会主义中国21世纪的“第六次产业革命”。钱学森在给当时为内蒙古日报科学副刊责任编辑郝诚之的信中说：“因您来信说内蒙古党委政策研究室和内蒙古科委政策研究室的同志感兴趣，所以附上此文打印稿两份，请他们审阅并提意见，以便在正式刊登时参考。”内蒙古党委领导对钱学森的理论成果高度重视，作为决策参考，首先刊登在内蒙古自治区党委决策内参《调研信息》1984年7月27日，第24期，后在自治区种草种树综合学术讨论上，按学习文件印发与会专家，很快掀起学习热潮。

钱学森继1984年提出了草产业概念的一年之后，明确提出：“什么是知识密集型的草产业？我的意思是：以草原为基础，利用日光能量合成牧草，然后用牧草通过家畜，通过生物，再通过化工、机械手段，创造物质财富的手段。”钱学森提出了一个完整的产业和系统，如今大学的草业科学就是按照这样一个范畴建立起来的。1999年，国家大幅调整学科体系，把原有500多个学科减少到250个，而草业学科却从原来的二级学科上升为一级学科。这个新学科在英文中没有相当的词，钱学森从拉丁文中给出了定名：prataculture science，当我国以此英文为名的刊物出版后，立即被收入了国际权威的CAB检索系统，被国外同行所采用。

二、推动草业系统工程的发展

1990年11月，内蒙古在全国率先成立了“草业系统工程学会”。

草业系统工程是运用系统工程理论与方法正确处理人、蓄、草三大要素关系，研究草业系统，草蓄生产与生态环境，经济优化的一门科学。

中国有4亿公顷(60亿亩)的草地，占国土面积的40%，是耕地面积的4倍，居世界第二位，这是一笔巨大的财富，它可为国家创造产值千亿元(上世纪90年代中期我国的生产水平比较低，每亩每年产值约1元，专家预测近期技术开发后，可达到每亩每年产值7.8元，高估可达到24元，新西兰国家每单位面积的产值已是我们的80倍，荷兰是我们的200倍)，但长期以来，我国传统的农业是单一的种植业为主的不合理格局，将1亿公顷(15亿亩)耕地转向重视4亿公顷(60亿亩)草地上来，发展草产业，以解决我国众多人口的粮食紧缺问题和畜禽饲料问题，满足改善人民食物结构，国土绿化，防止水土流失，

减少风沙危害，治理退化沙漠化土地，促进民族地区的经济发展和边防巩固等问题具有重大战略意义。

建立草业系统工程学术组织旨在组织广大草业科技工作者，系统工程学者进行学术交流，积极促进草业系统工程理论方法的普及与提高，促进草业系统工程在草业开发，生产和科研中的应用，以提高我国草业建设与管理的科技水平，为经济建设和四个现代化服务。

钱学森对草产业一往情深，多次建议设立专门的草业管理机构。尽管他坚决辞去了各种职务，但 1987 年 10 月经系统工程学会批准建立草业系统工程专业学会后，钱学森却破例亲自任中国系统工程学会草业委员会名誉主任，并且破例同意草业委员会用他的名字设立“钱学森草产业科学奖金”，这是他第一次同意用自己的名字设奖。

三、倾力推进草产业的发展，努力“把祖国的西部建设成繁荣昌盛的家园”

为推进我国草产业的发展，钱学森在 1989 年 1 月 24 日致信田纪云副总理，3 月 30 日再次致信李鹏总理和田纪云副总理，在 3 个月内两次上书国家领导人，足见其热切之心。他给田纪云副总理的信中写道：“不久前原农业部副部长老农业科学家杨显东对我说：‘4 亿公顷(60 亿亩)草原草地比耕地大 4 倍，是我国极大的一笔财富；可惜现在已沙化 1.3 亿公顷(20 亿亩)，如不大力抢救利用，是我们的罪过。’我看这 4 亿公顷(60 亿亩)要区别对待：有大约 1 亿公顷(15 亿亩)是在农区或林区的草地草山，这些仍属大农业或大林业，可归国家农业部或国家林业部管；农业部现在就有畜牧局。问题最严重的是 2.87 亿公顷(43 亿亩)草原和大约 1 330 万公顷(2 亿亩)沿海盐碱草滩，这 3 亿公顷(45 亿亩)潜在资源不受重视。不受重视，因为这 3 亿公顷(45 亿亩)年产值才几个亿！但我们要看到，搞好了，真正运用现代科学技术，年产值可以达到几千亿人民币！但这是项社会主义建设的长远事业，3 亿公顷(45 亿亩)的事业要用几十年的艰苦努力，不能放在眼前工作已经十分繁重的国家农业部去管。我建议国务院考虑设国家草业局，专管草原及草滩。将来到 21 世纪，国家会有草业部。”

从 1986 年至 1992 年就“第六次产业革命”的有关问题，钱学森五次致信田纪云副总理。他在信中说：“我们正面临着一场新的产业革命、21 世纪初的产业革命，产业革命是生产技术引起的生产力大发展，从而引起经济结构的大变化，最后导致社会结构的飞跃……我们要在总结历史经验的基础上，有远见之明，看到 21 世纪，看到建党 100 周年所以我们要注意现代生物科学技术的巨大发展，看到由此引起的又一次产业革命——第六次产业革命。我们要为在社会主义中国搞第六次产业革命作准备……第六次产业革命的主战场不是在比较富裕的大城市，而是在比较贫困的田野、山林、草原、海疆和沙漠，而且发展这种知识密集产业是要大量投入的……我们的林产业、草产业、海产业和沙产业要赶上农业，即农产业。农是走在前面的，现在国家有一整套方针政策和实际制度，可以在本世纪末使农村达到小康水平。林、草、海、沙要加快发展。”

钱学森认为，以生物科学技术为核心的第六次产业革命，首先将改造今天的农业，创

建一种知识密集型的农业产业，这就是21世纪的农业。这里有两层意思：一是知识密集型，二是要实现产业化。

为了创建未来知识密集型的农业，必须大力加强科学技术的研究和科研成果的开发应用，特别是生物科学的研究和生物工程的开发应用，它对未来农业的影响是革命性的。同时我们还要充分利用人类所有的科学技术成果，包括自然科学、社会科学和工程技术等等，才能建设21世纪现代化的大农业。农业必须实现产业化，按照组织现代化大工业的办法来组织管理农业，强调农业产品的综合利用和深度加工，形成农工贸相结合，产供销一体化的产业结构。

如果我们按照这样的思路建设21世纪的大农业，这其中当然也包括最近提出的“三色农业”（即传统单色的“绿色农业”；“白色农业”是微生物资源产业化－工业型新农业；“蓝色农业”指由于航天科技发展出现的“太空农业”。“蓝色农业”为人类的生存提供了更广阔的发展空间）我想解决中国人的吃饭是不成问题的。

2000年9月，钱学森又与卢良恕等7位院士联名给时任副总理的温家宝同志写信建议召开“白色农业科技座谈会”，争取将白色农业纳入国家计划研究推广。建议得到了温家宝副总理的批准。目前白色农业不仅在中华大地生根，而且走上了国际舞台。

第五十七章

钱学森发展中医思想综述

1955 年 10 月 8 日，钱学森一家经香港、深圳踏上祖国的土地的第一天，就来到广州市受到中共华南局书记兼广东省委书记陶铸同志的会见和宴请。陶铸向钱学森介绍了新中国各项科学技术事业发展和我国传统的中医事业的发展，给钱学森留下深刻的印象。几十年后，钱学森在从事人体科学研究时，多次提到，“关于中医问题我过去是一无所知，给我上第一课的是陶铸同志。”

一、钱学森中医思想的形成

1984 年 6 月 12 日，钱学森在一次学术报告会上回顾了他对中医学的认识过程。他说：“过去我对中医的观点是很不对的，只是从表面现象，从新中国成立以来，按中央的方针，要重视中医，也承认中医是不那么科学的，所以，长期就是讲中西医结合。四年以前，我也是讲中西医结合，而且，形成了一个概念。后来，头一个纠正我这种思想的是卫生部中医局局长吕炳奎同志。他给我寄来了他的一些讲话，这些讲话里面，使我认识到中医、西医是两个不同的体系，没法结合，要结合呢，不是中医吃掉西医，就是西医吃掉中医。实际情况是西医吃掉中医，纠正了我的看法。后来就不说中西医结合了。后来，也是吕炳奎同志跟我讲的，就是中医理论、气功、特异功能，这三个东西是一个东西，有相互密切的关系。这样的思想，在两年前中华全国中医学会的春节座谈会上，我就讲，当前的问题是如何保留濒临消亡的中医这个珍宝，这是第一位的问题。我也同意一些老中医的说法，就是中医学院不要讲什么生理学、解剖学。你干脆就是中医的那四本书，包括黄帝内经，排除现代西医的那套东西，干脆从古典讲起。就像新中国成

立前，先讲书，然后由老中医带着实践。不过，这个是第一步，不是最后一步。我那时讲中医是自然哲学式的学问，而不是自然科学式的学问。也就是说，它的许多东西是讲不清楚的，有的是猜的。我也说了真正要把中医变成自然科学，还是一个大问题。中医界对我讲的前一部分很拥护，对我讲的后一部分有意见；好像我贬低了中医。以上，是我两年前的认识。后来，我又思考了一下，对中医是自然哲学有了发挥，说到既然是哲学性的东西，思辨性的东西，现在唯一的办法就是用马克思主义哲学来鉴定它，因为，马克思主义哲学是对客观世界的最高概括。我用马克思主义哲学来鉴别一下中医这个自然哲学，把里面不符合马克思主义哲学的东西剔除出来。我也讲用现代的语言来阐述中医理论，因为阴阳五行，是用古汉语写的了，看不懂。一年以前，大概我的思想就认识到这个地步。后来，写了两篇东西，登在《大自然探索》上，那个就是讲这么一个观点。后来就琢磨这个问题，既然说了，那我们的任务到底是什么？问题就是怎样把自然哲学变成自然科学。我谈的更具体一点，我们不能搞加法，不能把中医和西医加在一起，要把中医，或者说医学现代化。我们要吸取中医好的东西，也要吸取现代科学好的东西。而这两个东西不是简单地和在一起就行的，我们要用马克思主义哲学作指导，另外要用系统科学的方法，来综合中医和现代科学技术，这个综合不是混合物，而是提高到更高的水平，哲学的名词叫'扬弃'。而这个更高水平的东西既非所谓现在的中医理论，也不是现代的所谓西医。"

二、崭新的医学观点和对传统中医的基本估计

上世纪80年代中后期，钱学森在当代中医理论研究、气功和特异功能研究的启发下提出了一个对人类医学发展具有划时代意义的新概念：人体是一个开放性和有意识的复杂巨系统。钱学森认为："人体作为一个系统，不是一般系统的概念。首先，它是一个开放的系统，也就是说，这个系统和外界是有交往的。比如：通过呼吸、饮食、排泄等，进行物质交往；通过视觉、听觉、味觉、嗅觉、触觉等进行信息交往。此外，人体是由亿万个分子组成的，所以它不是一个小系统，也不是一个大系统，而是比大系统还大的巨系统，这个巨系统的组成部分又是各不相同的，它们之间的相互作用也是异常复杂的。所以是复杂的巨系统。"钱学森还指出："因为人体是一个开放的复杂巨系统，必须重视意识对人体其他部分的反馈作用，这就是心理学，一门人体科学的基础科学。"

早在1980年8月3日，他在给当时的卫生部中医司司长吕炳奎的信中就指出："人体科学的方向是中医，不是西医，西医也要走到中医的道路上来。"他在20世纪80年代初还说过："中医要是真正搞清楚了以后，要影响整个现代科学技术。中医的理论和实践，我们真正理解了、总结了以后，要改造现在的科学技术，要引起科学革命。也就是美国的科学哲学家讲的，科学革命就是科学的一个新的飞跃。"1986年，钱学森还在《东方气功》第一期上撰文说："我一直宣传中国的传统医学，几千年的实践所总结出来的经验确实是我们的珍宝，但过去乃至现在，有许多人认为这与现代科学对不上号。实际上，恰恰是我们祖国医学所总结出来的东西跟今天最先进的科学能够对上号。例如系统科学，是50年代发展起来的，比利时的普利高津、西德的哈肯都对它作出了贡献。系统科学是

西方科学的前沿，它和中医的理论非常相符。西方血液流变学和中医理论也相符，它认为整个血液流动是受大脑控制的。现在研究人体的时间节律，或叫时间生物学，这和中医子午流注的学说也是相符的。新兴的心理生理学、正分子医学（调节人体的化学机构），这些现代科学的前沿，恰恰跟中医几千年总结出来的规律是合拍的。如果把西方的科学同中医所总结的理论以及临床实践结合起来，那将是不得了的。”

钱学森曾经深入研究过《黄帝内经》、张景岳《类经》等中医文献，他将传统中医与西方现代科学意义上的科学区别开来，指出它属于经典意义上的自然哲学（或所谓前科学）。钱学森在 1983 年初曾说过：“中医这个东西不是现代科学意义上所谓的科学，它是一个哲学，或者说是在早年现代科学还没有形成的时候，所谓的自然哲学……中医的理论是一个哲学，那么你怎么把它具体运用呢？要靠临床实践。长期经验的积累，慢慢就会了。就像做文章似的，现在从来没有那一个大文学家是大学毕业得了学位马上就成了大文学家，没有的，这不可能的。”钱学森于 1984 年 6 月 12 日给黄建平的信中还对这个认识作了一次明确的说明：“什么是自然哲学？什么是自然科学？我认为凡不是自然科学的，从经验概括起来的理论，都可以称为自然哲学，因为它必然包括一些猜测、臆想的东西。那么，什么叫自然科学？自然科学的学问是：一方面研究一种对象的学问，但一方面又和全部自然科学有机的结合成一个整体。如现代科学的物理、化学、生物学、地理学、天文学、电子学、机械学、水力学、海洋学、气象学等等，都是相互关联的一个整体。所以，中医理论是自然哲学，它独立于现代科学之外。”

三、中医现代化研究的步骤

正因为钱学森认为传统中医并非十全十美，所以他提出要努力完成中医现代化这项战略目标。钱学森又认为，实现中医现代化须分两步进行。其中第一步的工作就是建立唯象中医学。钱学森所谓的唯象中医学研究大致有如下几方面：

（1）用系统科学的思想和综合集成方法包括中西医在内的古今医学知识，形成唯象的医学体系。

（2）用现代语言给传统中医换装。钱学森在 1984 年 5 月 16 日给李印生的信中指出：“我们知道中医包含着科学真理，非常高贵的科学真理。但人们‘以貌取人’，怀疑中医没有真理，或进而认为中医是封建糟粕。怎么办？我想只能对症下药，给中医换装！把中医理论，中医医理用：①现代语言。②马克思主义哲学、辩证唯物主义来阐述清楚，写出一套现代的中医书籍。这还不是中医现代化，不是用将来会出现的人体科学来提高中医，创造新医学，只是保留中医真正科学内容，老老实实地阐明中医道路。请老中医同志不要担心，我们是要把中医的珍宝保留下来，不是什么‘中西医结合’式的破坏！有了这套中医书，反对中医的人也能说服了。”

钱学森一直强调，中国几千年所形成的传统中医学术体系，是一个唯象的医学理论体系，所以应该将传统中医学称之为唯象中医学。只是，唯象科学是由不同层次构成的。迄今传统中医这个伟大的唯象中医学体系还要进一步向更深更广的方面发展，这就是当今为什么要建立唯象中医学以发展传统中医的原因。钱学森还主张建立唯象气功学，其

思路都是建立在对唯象科学的认识基础上的。

钱学森虽然预言实现中医现代化将是21世纪的事，但他在20世纪80年代就已经给这项伟业勾勒出了一个发展的轮廓。1985年3月在北京召开的中医发展战略研讨会上钱学森作了如下说明："有了第一步（即唯象中医学的建立），就可以考虑第二步，即更深入的一步：把中医纳入到科学技术体系里，创立新的关于人的科学，我称其为人体科学。这样的学科一旦创立起来，必然会提高、改造现在已经有的科学技术体系，当然这一步应该是彻底的，不仅是现象的概括，不仅要知其当然，而且要能讲出所以然。这才是真正的中医现代化；不，不止于现代化，甚至可以说是中医的未来化！这是一个伟大的任务，是改造整个科学技术体系，创立新的科学技术体系，所以是一次科学革命。"

（3）中医现代化的研究方法。20世纪80年代初期，中医多学科研究方法应运而生。钱学森认为这是一种较好的中医研究方法，大力支持这种中医研究方法。钱学森在1984年4月26日给邹伟俊的信中表示："我很赞成你们的学术活动（指1982年夏季以来江苏南京地区开展的中医多学科研究活动）。也可见多年来我国知识界闭关自守，老死不相往来，大家实在感到不是办法。必须活跃学术空气……人体科学是中西医，是全部科学的综合上升，即扬弃。"

钱学森一贯对中西方法论研究工作极为重视。他除了肯定黄建平撰写的中医方法论专著《祖国医学方法论》外，还在20世纪80年代初提出过"总结阐述"的中医研究方法，稍后又提出"扬弃研究"的中医研究方法。到了20世纪80年代中后期，钱学森明确提出了著名的"从定性到定量的综合集成"的中医现代化研究方法。所谓综合继承的研究方法，就是把点滴的、定性的、不全面的意见综合起来，形成数学模型，输入边界条件，进行定量计算，最后得出结论。钱学森还指出，在这方面要用思维科学的成果："从定性到定量的综合集成技术，实际上是思维科学的一项应运技术。研究开放的复杂巨系统，一定要靠这个技术，因为首先要处理那么大量的信息、知识。信息量之大，难以想象，哪一个信息也不能漏掉，因为也许那就是一个重要的信息。情报信息的综合，这是首先遇到的问题。过去我在情报会议讲过一个词，叫资料、信息的'激活'，即把大量库存的信息变成有针对性的'活情报'。"

（4）关于临床医学的研究思想。钱学森采用综合集成的思想方法，提出了有可能促进人类医疗技术繁荣昌盛的独到之见："我们搞人体科学的人，千万不要犯机械唯物论的毛病，要重视临床医学的经验，这其中包括中医。中医有几千年的历史，内容非常丰富。中医通过实践，有许多感性认识，他们也在努力进行总结，形成的中医理论，是很宝贵的。当然，还有少数民族医学，如藏医、蒙医等，所以叫传统医学……所以说，中医、世界各地的民族医学等，是非常丰富的宝库，其历史恐怕不只是几千年，如果加上人类的祖先，大概有上亿年的历史了。第四个很重要的方面是民间医学，就是我们日常说的偏方。有的偏方很灵，但在医书上找不到，这方面的内容我们也不能忽略。第五个方面是心理治疗……"

四、关于四种医学的观点

20世纪80年代中期，钱学森就发表文章提倡四种医学（临床医学、预防医学、康复医

学、益智医学)的研究。如他在1986年《东方气功》创刊号上发表文章认为:“从历史上看,我们的远祖是野人,没有医学,不会治病,只能靠自己的本能抗病。后来有了医学,从不会治病到会治病,是人类医学发展史上的第一次飞跃。以后医学向前发展,出现了免疫学,从会治病到会防病,这是医学史上的第二次飞跃。现在,医学界又提出康复医学,这不光是治病和防病的问题,还要使人健康,就是使人恢复到良好的功能态,这应该说是第三次飞跃。如果说第一医学是治病的医学,第二医学是免疫防病的医学,那么,第三次医学就是康复的医学。”他在那篇文章中还说:“问题并不是到此为止,不仅仅是恢复到良好的功能态,而使人还要调到最优的功能态,这是完全有可能的,因为人是有潜力可挖的……这就是医学的第四次飞跃,智力的医学,也是第四医学。”到20世纪80年代末到90年代初,钱学森更积极地倡导研究四种医学,以求全面发展人体科学。这个思想集中体现在他如下的讲话中:

从人体科学的观点看,临床医学还可以有更大的发展。过去讲医学分第一医学,即治病的医学;第二医学是保健、防病的医学,关于第三医学的概念,我有些不同意见。第三医学的英文是 rehabilitation medicine,在我国翻译成“康复医学”是不恰当的。一个人病了要康复,那属于第一医学的问题,而第三医学实际指的是残疾人功能的恢复,是用机械的手段恢复。其实这种器件很多;眼睛近视治不好了,戴上眼镜;耳朵聋戴助听器,心脏功能不好戴起搏器等等,随着科学技术的进步,这种东西越来越多……所以我认为,第三医学不能叫康复学,而应该叫“再造医学”,即人体器官的再造。

从人体科学研究着眼,我认为还应该有第四医学,就是开发一般人没有的功能,如特异功能。我把它叫做“超越医学”,英文可以翻作“Creation Medicine”我们要超越自己,创造比“上帝”创造的更优越的人,而且这是自觉的、能动的创造,这是我们人体科学的一个重要方面。其中又可以包括三个方面:第一是用人体科学的方法,提高体育运动成绩。第二是提高人的智力。第三是诱发特异功能,发挥人潜在的、常人没有的功能。

人体科学要面向医学,而这里的临床医学包括四个医学,即第一医学、第二医学、第三医学和第四医学,而且四个医学都要用中医、西医、中西医结合、民间医学、心理治疗、气功、特异功能等等。

这样,钱学森实际上又向中医界提出了中医的服务职能这个不能忽视的课题。这在中医服务范围日趋缩小了的今天,对发展中医显然是有积极意义的。

第五十八章 大力向社会科学领域推广现代科学方法和新技术成果

自然科学研究自然界，而社会科学则以人类社会为研究对象。由于研究对象迥异，研究方法也不同，长期以来这两门科学形成了独立的体系。

20世纪以来，自然科学突飞猛进，取得了许多划时代的重大成就，这一方面大大促进了技术的发展，另一方面由于科学本身的需要，发展了许多行之有效的研究方法，极大地丰富了科学方法的“武库”。由于研究对象的高度复杂性，社会科学的研究远比自然科学困难，在研究方法上亟待突破。

钱学森一贯坚持向社会科学研究领域宣传和推广自然科学所取得的新的研究方法和新的技术成果，他甚至亲自指导自然科学工作者采用系统科学方法来研究国民经济等社会科学问题，并取得了很好的效果。他曾多次引用过列宁在1914年3月写的《又一次消灭社会主义》一文中就指出了这样一个重要现象：“从自然科学奔向社会科学的强大潮流，不仅在配第时代存在，在马克思时代也是存在的。在20世纪，这个潮流是同样强大，甚至可以说更加强大了。”（《列宁全集》第20卷第139页）确实如此，在进入21世纪的今天，更是涌现出很多门自然科学与社会科学交叉的科学。这是现代科学技术与人类社会发展到新的更高阶段的成果和标志，也是人类文明进步的必然趋势。它将促使人们能够把对人类社会的治理和对自然界的开发利用提高到更高的科学水平。人类社会进入科学技术飞速发展并起着强大的推动作用的新时代，学习、掌握、运用科学方法和新技术成果是何等重要而迫切！在当今世界上，可以说不懂科学就寸步难行，即使是社会科

学研究,也只有通晓并充分运用现代科学技术方法和成果才能有所作为。

一、不同科学领域中研究方法之汇合乃大势所趋

1963 年 10 月 26 日,中国科学院哲学社会科学学部委员会在北京举行了第四次扩大会议,这是一次影响很大的会议。出席会议的除了中国科学院哲学社会科学学部委员以外,还有一部分著名学者和青年研究人员。中共各中央局和省、市、自治区党委宣传部,哲学社会科学各研究机构和其他有关机关的负责人也参加了这次会议。会议由中国科学院院长郭沫若主持,国家主席刘少奇出席会议,并发表了重要讲话。国务院副总理薄一波在会上作了经济形势和任务报告。中宣部副部长周扬在会上作了题为《哲学社会科学者的战斗任务》的报告。潘梓年、吴玉章、艾思奇、孙冶方、冯友兰、王亚南等 20 多位著名哲学社会学家在会上作了发言。会议特别邀请钱学森,作为唯一一位自然科学家在会上作了题为《关于现代自然科学和工程技术发展》的报告,向全国哲学社会科学领域的主要负责人和哲学社会科学的领军人物,介绍了现代自然科学所取得的最新成就和工程技术的最新成果。向社会科学领域热情地推荐了许多值得广泛运用的现代科学方法和最新技术成果,给与会者留下了极为深刻的印象,不少学者直到晚年还清楚地回忆起钱学森当年讲的内容。

1985 年,钱学森在《就自然科学与社会科学的结合与薛暮桥的对话》中就自然科学与社会科学的结合的一些成功案例,讨论了自然科学与社会科学的结合的具体方法和做法,同样在学术界产生了较大的影响。

社会科学研究的困难首先在于实验的困难。实验是科学的基础,其重要性自不待言。社会实验可按其规模分为两类:在整个社会范围内进行的大型实验与在局部范围内进行的小型实验。

大型社会实验因其代价高、周期长而极少进行。小型社会实验则比较容易进行,但存在局限性。现代工业社会各部分之间有千丝万缕的联系,形成了一个复杂的社会系统,在隔绝的环境中进行试点,就无法计及外部联系效应,所以获得的实验结果必然与真实结果差异很大。社会越发达,联系越密切,这种小型实验的失真也就越严重。

社会科学研究的另一个困难是其研究对象因果关系具有复杂的不确定性。因果关系是客观规律之基础,而科学研究的目的正是寻求客观规律,所以这是问题的关键。

自然科学的发展历来与新实验工具与方法的引入密切相关,例如:没有望远镜就不可能有现代天文学,没有显微镜就不可能有细胞学与微生物学,没有加速器就不可能有高能物理等等。“工欲善其事,必先利其器。”这对社会科学的研究同样适用。如果能克服社会科学实验的困难,将会对社会科学的发展产生巨大的推动作用。

科学实验也可分为两种:一是观测统计;二是介入操作。前者在社会科学研究中早已普遍采用,并不存在原则性困难,难的是后者,社会科学实验的种种困难皆源于此。欲求解困之道,必须在此突破。

科学实验的目的在于获取研究对象的有关信息。信息论指出,虽然信息必须有其载体,但并不限定于一种载体。可以在不同载体之间转换,只要转换是确定的,信息量就不

会损失。明乎此理，就可以根据不同情况设计出巧妙的实验。

其实在一些自然科学研究中早有先例，有些实验虽然在原则上并无困难，但由于种种原因，希望尽量避免对研究对象作介入操作。如进行有机化学与药物研究，往往要在大量的分子结构中选出具有特定功能的一种化合物。如果作全面实验，就必须对每一种化合物进行合成制备，并分别检测其性能，这样做要耗费大量人力物力。量子化学家采用了另一种方法，先按照量子化学的规则对分子结构作出模型，再编出程序上计算机。这种模拟同样可以得出与实测相符的结果，不仅省时省力，还可以对目前尚不存在的化合物进行探索，在实物未制出以前就能了解其特性功能。这种方法已应用于聚合物及一些新药的研制。随着计算机技术的发展，这种模拟实验的应用将更为普遍。

既然能够进行传统实验的自然科学与技术科学都已另辟蹊径，面临实验困难的社会科学就更有理由这样做。可以设想一种广义的社会实验：首先对研究对象进行一系列观测统计，以取得有关信息，再根据这些信息以及为实践所证实的理论及规则建立系统模型，然后编出程序上计算机。将所得结果与实际系统作对比，如果发现不符，再修改模型及程序重新计算。如此反复多次，就可以得到一个能够代表实际系统的可靠模型，接着将要进行的社会实验在该模型上进行模拟实验，这样做速度快、代价小，并可以借此进行多种不同方案对比。钱学森已经指导航天系统 710 研究所的科技工作者，就我国国民经济中的有关问题成功地进行这种模拟实验。

钱学森还向我军推广了先进的作战模拟新军事技术，取代了军事上传统的沙盘作业。这种计算机战术模拟不仅比沙盘作业更灵活逼真，而且能计及更多的实战因素。“运筹于帷幄之中，决胜于千里之外”，已不再是人脑的专利。

在我国，宋健院士和于景元研究员等人也曾把计算机模拟实验应用于人口控制、经济增长模式以及货币政策研究等方面，都取得了显著的成效。

必须指出：社会现象中的因果关系并非都是完全随机的，其中不少除了具有随机因素以外，同时也遵从某些确定性的规律。市场经济中固然包含着大量的不确定性，但也存在如价值规律这样的确定关系。如何处理这种兼具确定与不确定的混合型社会现象，具有重大的理论与现实意义。一种常见的误解是认为处理这种混合型的要比纯随机型的容易。自然科学经验表明，事实恰恰相反。例如物质的三态中，气态的分子运动是完全随机的，固态是最确定的，而液态的则为两种兼有的混合型。事实证明，最后建立的是最难的液态理论。另一个例子是湍流，它既遵从流体力学的定律，同时也具有随机性。正因为它属于混合型，成了力学中著名的难题。

还应注意的是，不少社会现象是非线性的，其原因后果之间不成比例。例如，在选举中双方票数接近时，最后一票之差就决定胜负，经济领域中也有类似情形。对于这类非线性现象的处理，所有基于线性叠加的方法完全失效，而博弈论及神经网络等方法比较适用于处理非线性问题。

总之，建立能如实反映具有复杂不确定性社会现象的模型固然不易，但有科学方法中的对付不确定性的“十八般兵器”，相信在原则上是可行的。归根到底，只要社会现象具有因果性，就一定有规律可循，正确的模型就一定能够建立起来。

不同科学领域中研究方法之汇合乃大势所趋，合则互利。在社会科学中亟待突破的难点上，鼓励向自然科学学习，根据社会科学的独立特性，有条件地采用行之有效的自然科学方法，肯定会有所助益。当然，在社会科学中广泛采用自然科学的研究方法，关键在人，必须造就具有自然科学基本知识的社会科学工作者。

二、尖端技术要为国民经济建设服务

钱学森很早就注意到尖端技术如何为国民经济建设服务，推动和促进国民经济发展的问题。他在1969年9月30日形象地指出："尖端技术犹如一座宝塔的尖，其成果要向宝塔的下层扩散，下面是哪些层次？第一层是航空工业，包括民用航空工业；第二是常规武器；第三是大型基础工业，如发电及电力、铁路、轮船、钢铁、水泥、化工等部门；第四是轻工业、教育、商业、医疗、住房、农业等。我们必须有计划地推动这个扩散。第一项、第二项比较好办，都是国防科学技术，容易扩散。需要努力的可能是第三项，即走出国防工业的大门。这件事要狠抓才行。"

尖端技术发展了各种新材料，如新型合金、复合材料、塑料工业等；发展了各种产品，如小电机、微电机、仪器等；发展了电子基础工业及计算机工业；发展了一些高新技术，如遥测遥控技术，用于工业生产自动化；燃烧过程的强化技术，用于磁流体发电等；大大地促进了地区工业产品的配套程度，促进了地区工业的现代化。这就提出一个地区的规划问题，我们必须了解一个地区的工业情况，也必须有意地去培植一个地区的各种工业。

他还提出，在核技术方面，要考虑原子能发电问题，研究原子能发电同火力发电、水力发电、风力发电和潮汐发电的关系。推广放射性同位素的应用。

七机部在搞固体火箭发动机的同时，也要考虑这种高效固体推进剂如何推向常规武器和民用工业的问题。这就要同时开展高能高爆炸速度的化学炸药的研制；各种点火器的研究，以及各种爆炸分离的火工品，如爆炸螺栓，在真空条件下工作的火工品等方面的研究工作。也就是说，我们要开辟一个"民用"固体推进剂，并由此而生产一种成本较低的固体火箭，这种火箭甚至可以放到焰火工厂去生产，发展一种"土"火箭，用来防雹等。

他认为，我们的思想应该解放，引用更廉价的粘接剂，如沥青、石蜡以至面粉糊等。这方面的创造也是无穷的，好在对小火箭来说，推进剂的力学性质不是个关键问题。后来，钱学森也提出，对军工企业来说，有一个"军民结合"的问题；而对民用工业部门来说，也有个"民军结合"的问题，如机械工业要生产高精尖的机械设备；电子工业要生产尖端武器中的电子产品；冶金、化工、建材部门要生产尖端的材料等等。总之，民用要为尖端服务，而尖端也要为民用工业服务，并带动民用工业的发展。

三、20世纪70年代后期以来，钱学森向广泛的社会科学领域推广现代科学技术新的研究方法

1. 管理科学领域

钱学森向管理科学方面推广的现代科学方法最著名的是：他坚持致力于将我国航天系统工程的实践提炼成的航天系统工程理论推广应用到整个国家和国民经济建设之中，

并在上世纪80年代初期提出国民经济建设总体设计部的概念。这些现代管理科学的理论和方法已经成为最具中国特色的管理科学新成就。

2. 经济管理领域

钱学森当年大胆地提出把运筹学应用于国家经济计划的制定工作中，"把社会科学从量的侧面来精确化"，"精确化了的政治经济学就能把国民经济规划作得更好，更正确"（《论技术科学》）。钱学森不单学马克思主义政治经济学，而且带头用马克思主义的观点研究扩大再生产问题。他指导运筹学研究室的同志认真研究了西方的计量经济学及列昂切夫的投入－产出分析方法。当今天东西方经济学家和运筹学家一致承认这些方向有用是自然的常识，可是在当时不论在东方或是在西方却都不乏怀疑之士，在苏联甚至遭受某些方面的批判，在中国20世纪60年代后期同样遭受到一些方面不恰当的批判。

1958年2月13—15日，中国科学院在北京召开了研究所所长会议，钱学森在发言中提出，科学院的条件特别适宜于发展新的学科之间的边缘科学，如把物理力学渗透到各个部门中去（如生物物理学）。这不仅是指自然科学、技术科学的相互渗透，而且应当重视自然科学、技术科学渗透到社会科学部门中去，如把统计数学方法用到社会科学中去，以及工程技术方面的工业经济等。这种相互渗透就有可能发展起崭新的重要学科（《科学通报》，1958年第4期166页）。

他于1980年发表《用科学方法绘制国民经济现代化蓝图》、1982年发表《国际经济研究和数学方法》，1983年11月16日应国家经济体制改革委员会的邀请作了题为《关于系统工程与经济管理体制》的专题报告，1985年1月23日在全国第一次国防经济学讨论会上作了题为《我国国防经济学所面临的任务》的专题报告。

3. 法制科学领域

1984年，钱学森与吴世宦联合发表了《社会主义法制和法治与现代科学技术》论文；1985年4月26日，在全国首次法制系统科学讨论会开幕式上作了题为《现代科学技术与法学研究和法制建设》的专题报告；1986年，钱学森、吴世宦等著的《论法治系统工程》一书正式出版。

在我国首先提出系统工程法学这一学说的正是我国系统工程的开创者钱学森。系统工程法学，又称法制（治）系统工程，它是研究把以系统论、控制论和信息论为代表的现代科学技术成果应用于法制（治）建设领域的一门科学。

钱学森认为从系统的观点看，社会主义法制（治）就是一个大系统。这个大系统由各自独立的子系统所组成。从横向系统来分，包括：立法系统、司法系统、守法系统。立法系统是指国家最高权力机关所设置的法制委员会和地方各级立法权力机构；司法系统是指各级人民法院、人民检察院、公安部门以及国家行政机关；守法系统是指法制宣传机构、企事业单位和团体的法人以及公民。从纵向系统来分，包括：①根本大法（即宪法）；②基本部门法律（如行政法、民法、刑法、经济法、诉讼法等）；③单行法规（如专利法、环境保护法、商标法和所得税法等）；④条例规定（物价管理条例、奖励条例、学位条例等）；⑤规范文件（如具有法律效力的通知、命令、决定、决议、规定等）。在这样一个复杂而庞大

的法制(治)系统里,即要达到内部和谐一致,不能互相矛盾、互相干扰,使之处于相对稳定的状态,按照系统的轨道运行;又要达到外部条件相适应,诸如法与其他上层建筑部门之间、与经济基础之间、与其他社会生活之间等方面都要相适应。否则,就不能发挥法对社会控制的最佳功能。

系统工程法学所必备的基础理论、方法和技术内容主要有:①运用控制论的基本原理与方法,研究法的各种控制系统的信息及其规律等内容。②运用信息论的原理,研究法律信息的计量、传递、交换、变换和储存等内容。③运用运筹学等工程数学的理论和方法,研究和解决法制(治)系统工程中的所产生的各种复杂问题。要完善法制(治)系统工程,离不开数学的理论和方法。但它运用计算的方法同其他系统工程不一样。按照钱学森的见解,它只应用某些特殊的数学理论和方法。所谓"特殊",就是把运筹学等工程数学的科学思维、科学精神和科学方法,灵活而巧妙地运用于法制(治)系统工程,而不是机械地搬运各种数学公式,更不是把运筹学与法制(治)系统工程画等号。具体地说,用线性规划和非线性规划的科学思想,来全面合理地规划法制(治)系统;用排队论、搜索论、库存论和决策论等,作为完善法制(治)系统的技术知识;用概率论的数学原理,把巨大的法制(治)系统工程由或然性变为概率性;用离散性的数学方法,使复杂的法制(治)系统"离散"成有条不紊的有机整体;用模糊的数学原则,把法制(治)系统中那些大概或模糊的东西,变为肯定和确切的概念,等等。④运用电子计算机技术提高办案和研究效率。

4. 历史科学领域

1986年,发表了钱学森与沈大德、吴廷嘉合著的《用系统科学方法使历史科学定量化》(《历史研究》,1986年第4期)长篇论文,向历史科学界推广了现代科学的定量分析方法。钱学森认为,可以把整套的现代科学技术的定量分析方法用来使历史科学定量化,是定量,而不是定性。也就是通过模型、数据、计算机和判断,使历史科学定量化。文中指出:"要做好历史科学的定量化,第一要靠正确的哲学指导;第二要靠现代科学,特别是系统科学的理论和方法;第三要靠现代工具——电子计算机,第四要靠历史科学工作者的正确判断。千万注意第一条和第四条的重要性,这是决定研究工作成败的关键。"另外,还必须重视数学方法的运用。数学是一种非常重要的工具,用了一种好的工具,就可以使工作顺利一些,迅速一些。

第五十九章 钱学森重要建议与设想述评

钱学森时刻关注我国的社会主义建设事业的发展，自1955年回到祖国以后，提出过许多重要建议，比如：1956年2月17日报送国务院的《建立中国航空工业的意见书》、1965年1月8日正式向国家建议《早日制定我国人造卫星的研究计划并列入国家任务》、20世纪80年代以来建议"建立社会主义总体设计部"等，直接推动了我国导弹航天事业的决策与发展。这些关乎国家安全的重大建议都是人所共知的。我们在这一章主要介绍部分还不为世人所广泛了解的重要的建议和意见。当然，也不可能是他几十年来提出的建议和意见的全部。

一、办沼气有广阔的发展前景

1978年12月，钱学森在党的十一届三中全会东北组的发言——《一个前途远大的技术——沼气利用》提出："新六十条很好。我觉得在第三章中讲到农、林、牧、副、渔全面发展时，应当写一下沼气问题。沼气是一个有远大前途的技术。作物生长靠太阳的光能，植物利用叶片，把太阳的光贮存在作物本身。这个能量，只有三分之一到二分之一存在于粮食中，被我们利用；还有三分之二到二分之一存在于叶茎上，我们也利用，但只是被烧掉了。这种利用是不太科学的。因为叶、茎中还有其他肥料，如氮肥，一烧就破坏了，散入空气；即使用来沤肥，也只用了肥料，没有利用热量。简单一点讲，一千斤粮食的叶、茎可以等于半吨煤的热量。用植物叶、茎搞沼气，肥料、热能都利用了。一些沼气搞的好的地区，既增加肥料，又解决了农村的燃料、照明和开机器等一系列问题。从长远的观点看问题，沼气大有发展前途。沼气是用

微生物对有机体进行分解，不仅可以烧、作肥料，将来还可以作化工原料。这将成为农业生产的又一个重要方面，即农、林、牧、副、渔五业之外，还加一个微生物六业并举。因此除了在《农业决定》提到外，建议在六十条中适当地提一下。”

这是钱学森在非常郑重的场合向党的各级领导宣传推广这项利国利民的沼气技术，引起了比较大的反响。其实，早在1957年以来，他几次写文章，向领导同志提建议，在有关会议上发言，一再强调要办好沼气。同时，他一直关注着这项事业的发展情况。可是，长期以来还有一些同志总认为沼气是一个土里土气的东西，与现代化建设关系不大，不愿意认真推广。事实上，沼气的进一步开发利用，是一项现代化的技术，有着广阔的发展前景。

《人民日报》(1979年6月13日)发表记者就办沼气问题专门访问钱学森的文章。文章说，“钱学森同志很重视我国农村办沼气……近些年来，我国农村制取、利用和推广沼气的工作有了较快的发展。各地农村用花钱不多、简单易行的办法办沼气，增加能源，净化环境，一举数得。钱学森同志对已经取得的这些成绩感到非常高兴。”

钱学森在与记者的谈话中，着重从广开农业能源和提高生物能的资源利用效率的角度，谈了办沼气的重要性。他说：“当前资本主义世界由于能源危机，许多国家在煤、石油等能源以外探索新的能源，例如利用太阳、潮汐、地热、风以及生物等等。我国能源虽然丰富，但是也要注意利用新的能源。农村办沼气，便是科学地有效地利用生物能源的重要途径。他说，作物叶、茎、杂草和树叶，数量很多，能量很大。作物本身贮存的太阳光能，有二分之一到三分之二存在于叶、茎中。简单一点说，长出一千斤粮食的作物叶、茎，就有近半吨煤的热量。我国去年(指1978年)5 900亿斤粮食作物的叶、茎，就等于2亿多吨煤的热量，这是多么可观的数字。如果利用作物叶、茎作燃料，那仅仅是利用了热量，而把其中大量的有机肥破坏掉了。将作物叶、茎还田，其中的有机肥是利用了，但是却将热量散失了。用作物叶、茎沤沼气，则既利用了其中的热量，又利用了其中的有机肥，避免了能源浪费。要是先将作物叶、茎作牲畜饲料，再用牲畜粪便沤沼气，便能既得到畜产品，又利用了热量和肥料。这样，对作物叶、茎一类生物资源的利用更充分了。”

钱学森接着指出：“农村办沼气，对加快我国农业现代化建设的作用会越来越大。当前农村烧沼气做饭，既解决了农村民用燃料这样一个大的问题，又减少了因烧柴造成的林木损坏，大大有利于林业建设，沼气多了，将它的热能转化为机械能和电能，便可解决农用燃料油与电力不足的困难，促进农业机械化、电气化。沼气还是一种重要的化学工业原料。把沼气池连起来，保持气源充足、稳定，就可以利用沼气发展乡镇化工，生产出氮肥等产品。目前，沼气只是我们利用一种微生物来分解有机体而得到的生物能源。自然界还有其他微生物。利用它们分解有机体，可以得到另外的有用气体。可见，农业上扩大生物能利用，前途十分广阔。”

钱学森提出：“我们在大力发展农、林、牧、副、渔五业的时候，还应该增加微生物这一业，要大办沼气，扩大微生物在农业中的利用。他还提出，有关科研部门应当加强沼气科技研究，对群众进行技术指导。”

二、开发风力发电大有可为

早在20世纪50年代,钱学森就对风能的开发和利用进行了探索性研究工作。1956年11月钱学森完成了长篇论文《关于大型风力发电站》(《科学记录》,1957年第1卷第1期)。通过理论计算指出了传统采用以风车带动发电机的方法的不足,特别是存在风车转数低的矛盾。提出了一种非常新颖的大型风力发电站的方案,它利用了这样一个事实:即有大风的地方也正是风向改变不大的地方,因此,可以把装置固定下来,不必要转向。它的设计原则是利用喷射套管来加强在风洞里的风速,把风车装在风洞里风速最大的地方,他把这个设计称为"风洞风车"。根据理论计算"风洞风车"的功率系数是普通风车的27.5倍。他的设想比后来国外提出的扩散型风能转换装置要早十多年。

钱学森还亲自对一种斜轴式风力机的最佳轴倾角进行了计算,计算结果和德国设计的斜轴式风力机主轴倾角完全一致。后来,我国也研制成功了这种风力机。

几十年来,钱学森始终关注着我国的风能事业。1977年12月,当他听了中国航空学会风洞考察团访问西欧四国的汇报后,作出指示:要搞风力发电,这个任务由风洞指挥部(现中国空气动力研究与发展中心)来搞。1978年3月,在全国科学大会上,钱学森又对参加会议的气动中心代表王昌祺说:要搞风力发电。1978年5月,钱学森到气动中心检查工作时,再一次指示我们要搞风力发电。

1978年5月,钱学森在给韩志华的信中又指出:"我看风力发电的问题,具体到风力发电中心空气动力学问题,应该列入计划,可让一所干,成立课题组。"并要求在进行一段工作后写出报告,召开全国范围的技术会议,研究工作计划。不久,气动中心成立了风能研究课题组,开始了风能利用的研究工作。

1980年11月,钱学森听了参加美国能源部在中国举办的"利用风力发电技术座谈会"代表的汇报后说:"要组织全国的力量搞风力发电,要打破部门界线,协同作战。可以先通过中国科协的学会组织把全国有关的技术力量联合起来,召开一次会议来交流我国风能利用的情况,对研究工作提出建议,并要纳入到国家科技发展规划中去。你们要给老百姓做好事,像小水电那样发展10~20 kW级的风力发电机,做到价廉物美,安全可靠,经久耐用。"

根据钱学森的建议,中国太阳能学会、中国农业学会、中国气象学会、中国力学会和清华大学于1981年9月在北京联合召开了"全国风能利用学术讨论会"。同年12月中国科协批复成立风能专业委员会。风能专业委员会成立后不久就接受国家科委的委托,对"六五"期间我国新能源(风能)攻关项目进行了论证,并对1986—2000年我国新能源(风能)规划提出了设想,从"七五"开始,我国风能利用纳入了国家科技发展规划。

钱学森十分关注西部边远地区的能源问题。1981年2月,他在给能源研究会的一份题为《我国农村的能源政策》的报告中指出:"我国有10亿人口,有8亿农村人口……我们首先要看到农村不同于城市,人口稀得多,有广阔土地面积。所以发挥农村优势,就要利用密度低的能源,这就是利用太阳光和由太阳光能源派生出来的能源。第一条道路是发展沼气,第一条道路是风力发电和水力发电……"

1982 年 3 月,钱学森对搞风力发电提出了具体意见。他说:“风力发电有三个方面的工作要做:第一是推广小型风力发电装置,即几千瓦到几十千瓦的。第二是几百、一千或几千千瓦的大风机。国外已不是什么大问题了,我们怎样掌握这个技术?第三是探索性的工作,请工业空气动力学专业委员会或风能专业委员会组织些力量,要一些有头脑的人来研究。要把风力发电研究作为四个现代化服务的一项工作,对此要有足够的认识。”

20 多年来,钱学森对我国新能源(风能)开发利用事业从发展方针、技术政策、研究目标和技术途径等各个方面都提出了重要看法。比如他提出要推广小型风力发电装置,要建设风电场,风力发电要搞产业化、要做探索性的研究工作、重视风能技术交流和科学普及工作等,对我国风能事业的发展都起到了重要的指导作用和推动作用。截至 2000 年,我国小型风力发电机组的装机已达 17 余万台,已建设了 26 个风电场,总装机容量达 34.4 万千瓦。目前,风电场的建设正在稳步健康地发展,并取得了较好的经济效益;已有 6 家公司在自选研制 200 ~ 600 千瓦的风力发电机组,国产化率可达 80% 以上。

2006 年 6 月 26 日在庆祝我国第一台 1.5 兆瓦风力发电机组投入运营会大上,中国航天科技集团公司总经理张庆伟说,航天从事风电已经 10 年有余了,航天风电和在座的诸位风电前辈们一同经历了多年的艰苦历程。现在,随着一期又一期的国家风电特许权项目的实施,随着中华人民共和国可再生能源法的颁布,随着促进全球二氧化碳减排的《京都议定书》的生效,中国的风电产业迎来了阳光明媚的春天。

中国风能协会副理事长施鹏飞教授提供了这样一组数据:2020 年,我国风电年装机容量将达到 3 000 万千瓦和 600 亿千瓦·时电量,占当时全国电力总装机容量(10 亿千瓦·时)的 3%,全国电量(5 万亿千瓦·时)的 1.2%;2020 年前,我国发展风电的主要目的是尽快培育出本国的风电设备制造产业,降低占风电场建设项目投资 70% 的风电机组成本和拉动相对贫困而风能资源丰富地区的经济发展。

实践表明钱学森关于搞风力发电的建议是完全正确的,是非常富有远见的。

三、建议设立“国家再生资源委员会”

《瞭望》周刊 1986 年第 34 期发表题为《钱学森的新建议——设立国家再生资源委员会》一文。文章系统地介绍了钱学森 1985 年提出废旧物资及资源回收利用的设想及其重要意义。经过几年的积极倡导,中国科学技术协会于 1990 年组织 25 个有关全国性学会在北京召开了第一次全国废弃物处理与管理学术讨论会,与会代表向有关部门提出了决策参考建议。

随着我国工农业的迅速发展,城市数量的急剧增加和城市规模的不断扩大,同时人口的日益膨胀,大量增加的废弃物的处理与管理问题日益严重。这个问题早已引起了钱学森的高度重视。他在 1982 年完成的《我们的国家功能结构体系——再谈社会工程》中指出国家有八大功能,其中一项功能就是整个国家进行环境管理,即保护生态环境,进行三废利用。钱学森在文中还强调指出:“我们可以把废液、废气、废渣和旧物资看作是不需要开采的资源,送上门的国家资源。送上来了,还不加利用吗?总这样丢,将来一定会丢到资源衰绝……这实际上是关系到国家资源永续问题。”

关于设立“国家再生资源委员会”的建议，从钱学森 1985 年与设在天津的商业部废旧物资研究所的张鸿烈同志两封通信可以更好地理解。钱学森在第一封信中写道：

我在一个内部材料上看到了您和陈秋莹等六位同志的信，十分高兴。附上我写的一个材料，在 14 页上也讲到了这个问题，请指教。

我认为这个问题在我们社会主义国家尤其应该重视，的确是国家大事。你们研究所专门研究了这个问题，好极了。如有可能，寄给我一些你们所的材料，我将十分感谢！

钱学森在收到材料后的复信中写道：

我认为废旧物资及资源回收利用是国家大事之一，是社会主义国家工作八大方面的一个方面；近几年我一直在做点宣传解释，但苦于找不到知音人。

我们是社会主义国家，建国宗旨就包括了子孙后代的幸福。所以，一方面要在保护生态环境的基础上，进而创造一个最优美的生态环境；另一方面也要考虑资源的永续不衰的问题。现在的体制把本来密切相关的两个方面分辖国务院商业部和城乡建设环境保护部，不能统一规划管理，弊端甚多。对此我考虑，废旧物资及资源回收利用应设国家级的委员会来进行宏观筹划管理，同国家计委、国家经委、国家教委一样。试问，连语言文字工作都设国家语言文字工作委员会，那为什么不能设‘国家再生资源委员会’呢？不然，到了 21 世纪，我国生产还要几十倍、成百倍地增长，情况何堪设想！

我是个外行人。我以上看法对不对，向您请教。

钱学森把废旧物资的回收与利用称之为国家大事，反映了这位科学家的深谋远虑。

虽然我国在资源再生方面取得了很大成绩，但是还有大量可以利用的废旧物资没有得到回收利用。各种废旧物资的回收利用率与德国和日本等发达国家相比差距很大。我国资源再生工作落后的原因是多方面的，但钱学森认为其中最重要的原因是管理体制上的割裂。

人类生存和发展必须排泄，而排泄物又威胁着人类的生存发展，它已成为当代令人苦恼的重大问题之一。地球上的资源不都是无穷无尽的，随着人口的增长，工业的发展，地球上的有些资源总有衰竭之日。资源短缺已是举世关心的难题。如果把这两个世界性难题结合理解认识，也许问题会比较好地解决。专家们认为，资源可分为两类：一类是直接从大自然中获取的，称为一次资源；另一类是从排泄物中再生的，称为再生资源。如果搞好废弃物的回收再生，两个世界性难题就同时找到了解决的途径。

资料表明，1 吨废钢可炼好钢 910 公斤。利用 1 吨废钢可节省铁矿石 2 ~ 3 吨、焦炭 500 公斤，石灰石 300 公斤。因此，人们称废钢铁是城市里的矿山。城市里还有称之为“森林工业”的废纸资源。1 吨废纸可以生产好纸 800 公斤，节约木材 4 立方米。城市废弃物还是一些贵重稀有金属的“矿藏”。

由此可见，钱学森提出设立“国家再生资源委员会”的建议，既有深远的思考，又有现实的意义。

四、我国现在的尖端技术就是搞智能机

钱学森认为20世纪50年代党中央决策搞的尖端技术是"两弹一星"，是非常正确的，也是非常成功的。进入20世纪80年代，他经常在思考，现在我国的尖端技术搞什么？他说："这是国家大事，只有党中央、全国人大、国务院才能定。但是，作为一名年老的科技人员，我可以提一个建议，那就是搞智能机。"他进一步分析说："在20世纪30、40年代，电子计算机刚出现的时候，并没有很多人预料到它的巨大作用。从那时到现在，几十年的发展证明，计算机对当今科学技术和生产力的发展，乃至对整个社会的发展，都有着了不起的作用。今天谁也不能说不需要计算机了，没有它许多事情都无法进行。但是，计算机真的那么了不起吗？如果仔细看一看现在的计算机，那就会觉得，它其实是很笨的。你教它干什么，它就干什么，没教它干的，它就一点也不会。要从人的角度来说，它算是个很笨的'人'了。所以说，现在这么了不起的计算机，其实是这么一个笨家伙。那么，假设这种机器能够变得有点智慧，有点智能，且不说有多大智能，而是有一点小聪明不要完全靠人来教它，而是自己能够根据题目稍微变通变通，这就是下一步将会出现的智能机。既然那么笨的计算机，对于我们整个社会有那么大的影响，那么，有一定智慧的智能机，当然就更加了不起了，它对未来社会的影响就可想而知了。所以，智能机的研究当前在全世界都争夺的非常厉害，没有一个有技术力量的国家放弃这项工作，都在拼命地干：美国做了很多研究，日本在拼命，西欧国家联合起来也不甘落后，苏联正在努力。所以，我们国家今天选什么项目作为尖端技术？我想就是智能机，而智能机研究在近期所需的资金也是我们花得起的。"

五、建立我国的第四产业——科学技术业

1991年钱学森正式向中央提出建立我国的一种第四产业——科学技术业的建议：

为了充分发挥科学技术力量在社会主义建设中的作用，我建议建立我国的一种第四产业——科学技术业，作为今天的一项重大的战略决策。因为总结过去，中国在那么困难的条件下搞成了"两弹"，其中一条重要的经验是组织得好。现代的重大科学技术都不是一两个人能够干成的，甚至不是一两个单位能干成的，要靠组织，所以组织工作是一个相当重要的问题。美国人现在就自感组织工作不如日本。我们目前也存在一个有效组织问题，科技界单项成果不错，但集体力量的发挥就不够。为了解决科学技术工作分散的问题，迎接21世纪的挑战，我建议请中央考虑建立科学技术业。科学技术业并不是要取代现在的机构，如中国科学院、中国社会科学院、高等院校的科研机构等，而是要把他们的成果组织起来，而且用组织起来的手段协调全国的科学技术工作。这个手段就是组建科技业的公司，它在一个方面或一个领域负责全国的科技发展工作，是垄断性质的公司。比如，在半导体和大规模集成电路领域，建立一个总公司，这个总公司通过合同手段协调全国半导体和大规模集成电路的发展。而合同的招标、签订，按竞争的原则办。科技公司的成果是出新技术、技术专利。这些公

司属国家所有，享受国家大、中型企业的政策待遇，其成果不仅面向国内，而且面向国际。去年（编注：1990 年），我国科技成果出口创汇大约 10 亿美元，还不到世界科技成果出口的 1%，所以这项事业是大有可为的。

要使科学技术成为生产力，使科研成果在生产中得到应用，仅有各个领域的科技公司还不够，因为每一个单项技术要应用到生产中去，还需要有一个中间环节，它根据工厂的需要，吸取可用的成果，将一项项单个成果综合设计成生产体系，并负责培训工厂的技术人员和工人。

为此，钱学森建议成立以下三个层次的组织："科学技术业包括：①我国现有的科技力量，包括各种科研院、科研所等；②为了进一步将这些科技力量组织起来，建立各种科技专业公司，组织开发各种新技术，出技术成果，出专利；③为了将这些新技术成果尽快在生产中得到应用，要建立各种综合系统设计中心，或者由各部门现有的设计单位承担这一任务。这是我关于建立科学技术业的具体建议，请中央考虑，下决心把这一事业建立起来。"（《我们要用现代科学技术建设有中国特色的社会主义》，《九十年代科技发展与中国现代化》，湖南科学技术出版社，1991 年 12 月）

钱学森站在马克思主义立场，从现代科技革命的新形势出发，从我国社会主义现代化建设的战略任务考虑，对国内外流行的"第四产业"概念提出了不同的观点，认为第四产业不是信息业，而是科学技术业。他以战略科学家的眼光预测到，在科技革命新时代，科学技术业必将成为我国发展中的一项战略产业，他的建立与发展必将加快我国现代化的进程，必将大大增强我国的综合国力。

邓小平曾经讲过："发展高科技，实现产业化……中国必须在世界高科技领域占有一席之地。"高科技的产业化应包括全部现代科学技术的产业化。显然绝不只是信息业一门产业，而是以整个现代科学技术为基础的一大类产业，这一大类产业就是科学技术业。

建立与发展科学技术业需要解决一个重大问题：就是如何把科学技术研究成果转化为现实生产力？这个问题的关键是必须进行科学的组织管理。

六、要重视开发遥作技术

1993 年，钱学森在国防科工委科技委第三届学术年会上，建议要重视开发遥作及遥作技术。钱学森指出："回想历史，人们总是想用机器代替人干活。最早是人力、畜力驱动的机床，然后是机器动力机床，后又有数控机床。再进步就发展为机器人。后来又因为机器人太笨，所以开发智能机器人。但就是智能机器人的智能也是有限的，还要操作人亲自在现场管理、调节，可是一人管多台机器人，太累，受不了，解决这一问题的方法和途径就是遥作技术。操作人员不在现场，就可以管理好机器人生产线。这是人－机结合概念的扩展，机，不仅是计算机，还有智能机器人，这才是遥作技术的革命性含义！遥感技术要应用于一切生产线，这是一项十分重要的高技术。"

第六十章

钱学森创造和译定的名词术语

术语是代表专门知识概念的专用名词。一项统计表明，汉语新产生词汇中的70%来自各学科领域的专用术语。在科技创新实践中发展的科技名词，作为知识传播与科技交流的载体，也是学科建设的基础性工作。科学技术工作者，作为科技创新实践者和知识传播者，自然应该是科技术语本土化和民族化的重要主体之一。术语学是一门交叉很广的学科，几乎涉及人类知识的各个领域，每一位科学技术工作者都应发挥自己的专业优势，开展深入研究，以推动科技名词术语的本土化和规范化，使它成为中国文化的一部分，成为中华民族文化与现代文明发展相联系的纽带。

为了便于广大读者学习和领会钱学森的学术思想和他的创造性思维方式。同时也为使读者能够全面了解钱学森的科技贡献和学术成就。我们在这一章辑录了一部分钱学森首创的学术名词术语，钱学森译定的学术名词术语。我们尽可能给出对应的英译词汇。当然，这是很不全面的，这方面的工作还有待于我们知识界广大人士一道来研究整理。

（1）高超声速（hypersonic）　钱学森在1945年发表的论文《论高超声速相似律》中首先采用hypersonic这个词来表示高超声速，即飞行马赫数M大于5的飞行，后来这个词就在全世界流行开来。

（2）自动控制（cybevnetics）　cybevnetics，这是一个拉丁字，在20世纪50年代前期钱学森未翻译成“自动控制”之前，国内还没有通用译名，有些辞书甚至译作“大脑机械论”。

（3）制导（guidance）　1956年10月，在我国导弹事业草创之时，钱学森开办训练班时，分配刚刚来到国防部五院报道的朱正教授讲“制导概论”。钱学森拿出一本他从美国带回来的1955年出版的

“guidance”（美国导弹丛书之一），他告诉朱正教授就照此讲授。朱正教授翻了翻书觉得内容还能懂，最困难的是包括这书名 guidance 等专用名词无现成的中译名称，要自己创造，当时钱学森就把 guidance 译成“制导”。

（4）激光（laser）　受激发射光，1960 年发明了激光器。起初人们译为“莱塞”“脒泽”，我国台湾和新加坡、马来西亚等地音译为“雷射”或“镭射”。直到 1964 年我国对“Laser”的称呼还不统一，有好几种叫法，比如“受激辐射放大器”、“光激射器”、“光量子放大器”、等。同一样东西有几种名称，对学术交流和推广应用都不方便。1964 年 12 月在上海市召开全国第三次激光辐射讨论会前夕，《激光辐射情报》（现名《国外激光》）编辑部给钱学森写了一封信，请他给“laser”取一个统一的名称。不久，钱学森给编辑部回信，建议命名为“激光”。这个建议在全国第三次激光辐射讨论上受到与会者一致赞同。从此以后，我国学术界开始统一使用“激光”这个名词。钱学森的译名有两个好处：第一它符合物理现象，便于人们理解掌握；第二它符合汉语习惯，便于汉语构词，简捷、贴切。比如 gas laser 译为气体激光器，要比译成气体莱塞器更易让人明白仪器的功能属性[宋健主编，惠永正副主编《现代科学技术基础知识》（干部选读），科学出版社、中共中央党校出版社，1994 年]。

（5）航天（space flight）　据《中国航天报》（2001 年 12 月 5 日）航天专家林华宝的文章介绍，钱学森首先提出“航天”一词，他最早听到“航天”的提法是在 1967 年。文章说：“那年 9 月 11 日，七机部在当时的五院筹备处召开了中国返回式卫星可行性方案论证会。在会议开幕式上，钱学森作了重要讲话，其中提到‘航天’这个新名词。他说，人类在宇宙空间的飞行活动，在很长的时间内只限于太阳系内，将之称为宇宙航行未免有些夸大。他建议，人类在大气层以外的飞行活动，称为航天；而在大气层以内的飞行活动，称为航空。他还说，他提出‘航天’这个名词，是受到毛主席的诗句‘巡天遥看一千河’的启发，是毛主席‘巡天’一词的延伸。”后来，钱学森对航天作了比较严格的定义：是指大气层以外，太阳系以内的航行活动称为航天。1982 年 5 月 4 日，第五届全国人大常委会第 23 次会议决定，将第七机械工业部改名为航天工业部，“航天”这个词被国家最高立法机关采纳。同时，钱学森首次划分了“航空、航天、航宇”三个技术名词的概念：即把在大气层以内的飞行活动称为“航空”。

（6）航宇　钱学森对“航宇”的定义是指太阳系以外的航行活动称为航宇。与国外的名词有所不同。

（7）渺观（ultra-microcosmic）　1985 年 1 月 28 日，钱学森在中国经济学团体联合会主办的新技术革命与系统工程讲习班上首次提出：物质世界五个层次。即在通常所说的微观、宏观、宇观三个层次上下各加一个层次。渺观，指微观以下的一个层次，其尺度在 10^{-34} 厘米。

（8）胀观（swelling-cosmic）　涨观，指宇观以上的一个层次，其尺度在 10^{16} 亿光年。

（9）陷光星　即天文学里的“黑洞”。对此，钱学森则科学地阐述道：“还有一种星，密度更高，引力场特别强，强到光线都射不出来，黑洞洞的，所以外国人给它一个名字叫‘黑洞’。这个名字不太好，因为它并不是什么洞，是有物质在那里，似乎可以叫‘陷光星’。‘陷光星’这个名词既符合客观实际和天文学术语的惯例，也符合中国人的思维习惯。”

(10)灵境技术(rirtual reality)　20世纪90年代,rirtual reality成为发达国家研究和开发的热门技术。钱学森建议把这种人机环境称为“灵境”,构成“灵境”的技术成为“灵境技术”。也有称“临境技术”的,现在统称“虚拟现实”。即利用计算机三维技术,把计算机屏幕上的图像调出屏幕,在“空中”呈现三维图像,人可以进入图像,好像身临其境一样。

(11)斡件(org-ware)　即所谓“组织件”,就是用它把各方面的关系联系起来。钱学森说,我们中国也有一个词叫“斡旋”,我们不妨就叫它“斡件”,是比硬件、软件更高层次的东西。

(12)草业(praticulture)。

(13)草业科学(praticulture science)这个新学科在英文中没有相当的词,钱学森从拉丁文中给出了定名:pratacullure science,当我国以此英文为名的刊物出版后,立即被收入了国际权威的CAB检索系统,被国外同行所采用。

(14)沙产业(deserticulture)　是钱学森创造的一个新术语,它简洁而严格地规范了沙漠开发利用战略的思想。

(15)山水城市(shanshui city)　钱学森在1990年7月31日给吴良镛院士的信中提出了“山水城市”的概念,一种理念、思想、是“理想”、是“战略”。他指出,“山水城市概念到不只是利用自然地形,依山傍水,而是人造山和水,这才是高级的山水城市。”

(16)建筑科学　1996年钱学森提出建立建筑科学大科学技术部门的概念。

(17)宏观建筑(macroarchitecture)1998年5月5日,在给顾孟潮、鲍世行同志的信中提出的。他说:“我建议将‘城市科学’改称为‘宏观建筑。’

(18).微观建筑(microarchitecture)　即指现在通称的‘建筑’为“微观建筑”。

(19)大成智慧(wisdom in cyberspace)。

(20)大成智慧学(science of wisdom in cyberspace)。

(21)大成智慧工程(metasynthetic engineering)MsE。

(22)从定性到定量综合集成研讨厅体系(hall for workshop of metasynthetic engineering)缩写为HWSMsE。

(23)总体设计部(department of integrative system design)　一种决策参谋咨询机构。

(24)社会主义国家学　1983年3月8日,钱学森在中国系统工程学会新春学术座谈会上提出社会主义国家学就是改造中国、建设中国的学问(《论系统工程》,352页)。

(25)前科学　是实际经验的总结,目前还不是科学,但很有用的知识,它构成了现代科学技术体系的外围,是科学发展所必要的营养素材。前科学的量远大于科学技术的量,人类在实践中总是在不断地积累和产生新的前科学,科学技术的发展总是不断地把前科学变成科学,同时也发展和深化了科学技术本身。

(26)经营科学(management science)　钱学森等在《组织管理的技术——系统工程》一文中译作“经营科学”。

(27)系统学(systematology)　是系统科学的基础理论,即研究系统结构、演化、协同和控制的一般规律的科学。

(28)开放的复杂巨系统(open complex giant system)　1988年提出。

(29)人天观(anthropic principle)　指人体科学到马克思主义哲学的桥梁,是国外称

“人择原理”的扩展。

(30)人体科学(somatologicol science)　“somatics”原是拉丁文,意思是从物质角度研究人的身体。

(31)人体功能态(somatic ergen state)　其中“ergen”是个德文词,钱学森认为这里借用它比较确切。

(32)思维科学(noetic science)　1978年,钱学森在《关于思维科学的研究》一文开篇便说:“首先要说一下什么叫‘思维科学’。‘思维科学’怎么翻译,在英语中说法众多而不一,我们来个直截了当的:思维科学就是人的思维的科学,翻成英语叫 Noetic Science。思维科学是真正的科学。”

(33)地理科学　1996年12月,在第三届全国天地生综合研究学术讨论会提出的。地理科学是现代科学技术体系的一大科学技术部门。

(34)数量地理学(quantitative geography)　在我国长期将英文 quantitative geography 误译为计量地理。1982年2月26日,钱学森提出数量地理学概念后,不少地理学工作者提出现在应该正名为数量地理学。钱学森说:“我觉得把地球表层学、经济地理学,再有一个定量的数学理论等几个方面加在一起,我又起了个新名字,叫数量地理学,看是否可以。这样又科学又定量。数量地理学比城市科学理论的层次就更高一些,属于城市问题方向的一门基础科学。”钱学森提倡的数量地理学有新的指导思想,与西方的计量地理不尽相同。数量地理学是地球表层学下的一门科学,它与地球表层学在理论与方法两方面互相补充。

(35)创种技术　即外国人叫遗传工程,或者叫基因工程。钱学森说:“我们可以用他的词,也可以用我们中国人的话,叫创种技术,是创造新物种,不是育种。”这个术语虽然未被采用,但也看出它是自有道理的。

(36)天军　我国著名航天科学家孙家栋院士曾经讲过:“我曾多次听钱老的讲课,至今记忆犹新。60年代,钱老就说,现在的战争讲‘地、海、空’,还应当加一个‘天’,叫‘地、海、空、天’,将来的战争必然会发展到空间,到那时候将会是一场‘天军’、‘天战’。他当时的科学分析和预见虽然有人认为离现实太远,但过了30年到40年,他当时的科学预见便得到了验证,也是我认识到科学创造和发展永无止境。”

钱学森认为,随着航天技术的日益发展成熟,建立太空作战部队将是历史的必然。“天军”,是现在世界各国已有的陆、海、空三军以外的又一支作战部队,即太空作战部队。20世纪80年代前期钱学森在中央党校的报告中一再强调“天军”的概念。国外有关军事词典定义:天军,是指使用各种航天兵器来保证赢得太空战争胜利,独立于现有陆、海、空军之外的新军种,是各种太空部队的总称。

(37)天战　“天战”的概念与“天军”的概念同时提出,相应而成。

(38)《灾害学》(journal of catastophology)。

(39)超越医学(creation medicine)　1990年6月28日,钱学森在中国人体科学学会首届理事会第四次会议上的讲话中提出:“从人体科学研究着眼,我认为还应该有第四医学,就是开发一般人没有的功能,如特异功能。我把它叫做‘超越医学’,英文可以翻作‘creation medicine’我们要超越自己,创造比‘上帝’创造的更优越的人。”

第三篇

钱学森学术研究风格与艺术

第六十一章至第七十四章

第六十一章

科技工作者的责任与钱学森精神

钱学森是中国的爱因斯坦，是一位名副其实的人民科学家。他在应用力学、航天技术、系统工程等许多科学技术领域都作出了杰出的贡献。除了他的这些实实在在的科技成就以外，钱学森精神也已经成为我国科技界和广大知识分子的楷模和典范。精神是一种思维、意志和情感方面的东西。我们作为一名科学技术工作者，学习钱学森最重要的就是学习钱学森的精神实质，而钱学森精神给我们的启迪是多方面的。

一、科技工作者要有强烈的政治责任感和崇高的爱国主义精神

2001 年 10 月 20 日，中国人民解放军总装备部党委发出《关于向“人民科学家”钱学森同志学习的通知》，在谈到“要学习钱学森同志坚定的马克思主义政治信念”时说：“坚定的理想信念，是科技工作者的立身之本。钱学森同志是一位自觉的马克思主义者。30 年代初，他开始接触马列主义。几十年来，他始终坚持学习马列主义、毛泽东思想、邓小平理论，学习党的路线方针政策，即使在耄耋之年也从不间断。江主席‘三个代表’重要思想提出后，他除了认真学习江主席重要讲话外，还先后阅读了好几本有关阐述‘三个代表’重要思想的理论书籍。他说马克思主义是智慧的源泉，是人类对客观世界认识的最高概括，作为科技工作者，不仅要学习新的科学技术知识，更要学习政治，学好马克思主义哲学。我们学习钱学森同志，就是要像他那样，始终坚定对马克思主义的信仰、对共产主义的信念、对建设有中国特色社会主义的信心、对党的领导的信赖。”

在谈到"要学习钱学森同志热爱祖国和人民的崇高精神"时说:"勇于为祖国和人民的利益贡献一切,是科技工作者最大的人生追求。钱学森从青年时代起,就胸怀科学救国的远大抱负,赴美留学时立下了学成必归报效祖国的铮铮誓言。他在1950年到1955年争取回国的5年里,受到美国政府的拘捕、监视等种种迫害,但他毫不畏惧,战胜重重困难和阻力,义无反顾地回到祖国。在新中国刚刚成立百废待举的艰苦岁月,钱学森同其他科学家一起,白手起家,挑起重担,历尽艰辛。不论在国家发展顺利时期,还是遇到困难的时候,他总是艰苦奋斗地工作,艰苦朴素地生活,从不计较个人得失。为了使我国有一个强大的国防,他们运用有限的科研和试验手段,依靠科学,顽强拼搏,突破了一个个技术难关,用仅仅4年时间,成功地发射了我国制造的第一枚近程导弹;接着又用4年时间,成功地发射了我国自行研制的中近程导弹;然后又用2年时间,成功地进行了导弹、原子弹的'两弹'结合飞行爆炸试验;再用4年时间又成功地发射了我国第一颗人造卫星。短短的10多年里,我国导弹核武器和航天事业得到飞速的发展,国防力量有了很大的加强,从而震惊了中外,使我国跻身于世界强国之列。我们学习钱学森同志,就是要像他那样,始终高扬爱国主义的旗帜,始终充满对祖国、对人民的无限热爱,始终把爱祖国、爱人民作为人生的最高境界,自觉把个人的理想与祖国的命运紧紧联系在一起,把个人的志向与民族的振兴紧紧联系在一起,为祖国强盛和人民幸福鞠躬尽瘁、死而后已。"

科学无国界,但科学家有自己的祖国;为祖国和人民服务,是科学家的基本职责。1991年江泽民同志在授予钱学森"国家杰出贡献科学家"荣誉称号仪式上的讲话中指出:"钱学森同志是一位具有高尚的爱国主义精神,坚定不移地为社会主义事业奋斗的战士。钱学森同志早年在美国学习和工作,成为国际知名学者,拥有优裕的工作和生活条件,但他在新中国成立不久,冲破重重阻力,毅然回国参加建设,表现了崇高的民族气节,表现了对新生的社会主义事业的向往和热爱。他几十年来坚持用马克思主义指导自己的研究工作和社会活动,无论在何种政治风浪下,始终忠于党、忠于人民、忠于祖国的科技事业和社会主义事业。完全可以说,钱学森同志是我国爱国知识分子的典范,他的经历体现了当代中国知识分子追求进步的正确道路。"

钱学森是在新中国一穷二白的年代回到祖国的,而且欣然从事了国防科技事业。几十年的事实表明,他热爱祖国、热爱社会主义的精神和忠于党、忠于人民的坚强信念支撑着他,使他一往无前地克服了归国的艰难险阻、克服了新中国科研工作的重重难关,取得了举世瞩目的成就。

我们年青一代的知识分子,就要学习钱学森这种爱祖国、爱人民、爱社会主义的崇高精神,才能使自己在改革开放的大潮中,在科技强军和科教兴国的奋斗事业中作出自己的贡献。今天,随着新科技革命和全球化步伐不断加快,科学技术作为第一生产力,已经成为经济社会发展的重要推动力量,成为决定国家民族前途与命运的关键因素。面对日益激烈的国际竞争,准确把握未来国际环境变化趋势和发展机遇,加快发展科学技术,依靠科技进步和创新,解决发展面临的重大问题,实现经济社会全面、协调、可持续发展。这是祖国和人民赋予中国科技界的神圣使命。我们面前仍然存在许多困难和风险,广大科技工作者应该像钱学森那样,一定要有历史使命感和政治责任感,坚持祖国高于一切,

人民高于一切，社会主义高于一切，党的事业高于一切的坚强信念，以满足经济社会发展现实需求为己任，以满足人民大众现实需求为己任，在实践科学发展观和创建创新型国家的伟大事业中，贡献自己的力量，实现自身的价值。

二、科技工作者要有实事求是勇攀科学高峰的献身精神

实事求是，追求真理，是科技工作者最重要的素质，是科学研究，科技创新和发展的内在要求。科学研究致力于获得可检验成果的知识，科学的诚实性和严格遵循良好科学实践规范，是科技工作质量的必要保证。科技工作者对科学精神的追求始终不能松懈，这是科研工作保持独立自主以及享受自律性的一种持续性要求。如果缺乏严肃的态度、严格的要求、严密的方法，违反追求真理的科学精神，必然走向不科学、反科学甚至伪科学。钱学森在《科学技术工作的基本训练》一文中指出："科学是严肃的、严格的、严密的，是不允许马虎的，所以科学技术工作者必须首先有良好的科学工作习惯，要有条有理。"这种严谨的治学态度就是科学精神。只有在科学精神主导的氛围里，我国的科学技术事业才能长盛不衰。

钱学森说过："科学就是追求真理。"真理，用抽象的哲学语言来说，就是客观事物及其规律在人的意识中的正确反映，也可以说，与客观事物的发展规律完全一致的理论和原理就是真理。千百年来，人类为追求真理付出了巨大的代价，它又促进了人类的生存和发展。在人类长期同真理打交道的过程中，人们总是把追求、尊重、信仰、坚持、捍卫、献身同真理联系在一起。这些最能表征人类崇高品格的词汇，之所以奉献给真理，那是因为人类在探索、发现、运用真理的曲折斗争中，所必须具备的。

爱因斯坦曾经说过："对真理和知识的追求并为之奋斗，是人的最高品质之一。"古今中外的优秀科学家和发明家，在探索自然界的奥秘、寻求纷繁复杂自然现象背后的本质和规律的时候，在发现真理、坚持真理、捍卫真理的过程中，表现出巨大的勇气、坚强的信念和崇高的气节，这些构成了科学巨匠为真理而献身的品格修养传统。

钱学森在悼念一位杰出的科学家，他最诚挚的朋友郭永怀院士时也曾说过："一方面是精深的理论，一方面是火热的斗争，是冷与热的结合，是理论与实践的结合。这里没有胆小鬼的藏身处，也没有自私者的活动地；这里需要的是真才实学和献身精神。"这段话表达了他对真理和追求真理的理解与态度。

马克思在他的《政治经济学批判·序言》中讲过这样一段话："在科学的入口处，正像在地狱的入口处一样，必须提出这样的要求：'这里必须根绝一切犹豫；这里任何怯懦都无济于事。'"

不论是社会科学，还是自然科学，一旦你把它选作自己的活动领域，就要有充分的思想准备，拿出勇气和决心。优秀科学家和发明家，尽管他们跨进科学研究领域的起点和途径各不相同，甚至在开始的时候，目的性也各有差别，但是科学究竟意味着什么，从事科学的人将付出什么，他们是明确的。正是这一点，为每一个决心追求真理的人，提供了在他们起步的时候可以借鉴的思想条件。

许多同志的著作中都介绍了钱学森自幼热爱科学，钻研科学，献身科学的精神。从

中小学、到大学、研究生，直到为我国国防科技攻关，攀登科技高峰，其中贯穿始终的就是刻苦学习、勤奋钻研、严肃认真、严谨细致、一丝不苟、不畏艰险的精神。在献身科学的道路上，他从来没有投机取巧、走捷径或者马虎从事。

正是这种精神使他奠定了广泛而又坚实的科学基础，掌握了打开科学之门的钥匙，找到了攀登科学高峰的云梯。我们每一位科技工作者如果学习和掌握了这种精神，我们的工作能力和技术水平就会不断提高，就会取得更大的成绩。

三、科技工作者要有主动服务社会的崇高理想

钱学森曾经说过："我作为一名中国的科技工作者，活着的目的就是为人民服务。如果人民最后对我的一生所做的各种工作表示满意的话，那才是最高的奖赏。"钱学森这段简短的人生座右铭，是他鞠躬尽瘁为人民服务，一生以科学的态度追求真理的真实写照，也是激励我们永远要以钱学森为榜样，以他那种优秀品质和科学精神作为指导我们工作的典范。

科技与科技的发展离不开公众的理解与参与，科技与科技的进步离不开社会的需求和支持。哲学家培根说，知识的力量不仅取决于其本身的价值大小，更取决于它是否被传播以及传播的深度和广度。"20 世纪最知名的科普作家和教育家"美国著名天文学家卡尔·萨根被媒体评论为"有三只眼睛，一只眼睛探索星空，一只眼睛探索历史，第三只眼睛，也就是他的思维，探索现实社会"。我国更不乏把个人学术追求与国家前途和命运紧紧联系在一起，并为社会作出重大贡献的杰出科学家。钱学森是中国科技界的典范，他早年在美国反华势力的压力下表现出来的爱国主义情怀和铮铮铁骨，至今仍然令人们由衷地敬佩。

江泽民同志在受奖仪式上给予他很高的评价："钱学森同志是我国杰出的科学家，在国内外享有很高的声誉。他在科学技术的许多领域作出了卓越的贡献。特别是在老一辈无产阶级革命家的领导下，钱学森同志以他渊博的知识和对人民事业的热忱，为组织领导新中国火箭、导弹和航天器的研究发展工作发挥了重要作用。"钱学森报效祖国，服务社会的崇高精神，总是能够带给我们以强烈的心灵震撼。在新的时代，我们应该转变思想观念，更多地关注国家和民族的命运，更多地关心经济社会的持续协调发展。

四、科技工作者肩负有造福人民的历史责任

科学巨人爱因斯坦说过："科学技术对人类事务的影响有两种方式：第一种方式是大家熟悉的，科学直接地、并且在更大程度上间接地生产出完全改变了人类生活的工具；第二种方式是教育性质的——它作用于心灵。尽管草率看来，这种方式好像不大明显，但至少同第一种方式一样锐利。"（《爱因斯坦文集》，第 3 卷，第 135 页）而后者对于整个社会的影响更为深刻而恒久。在今天人们的普遍认识里，科学家拥有更多的专业知识，他们是科学技术的载体，是科学的化身。这就意味着科学家的行为具有越来越多的公共属性，也意味着科学家在启发和引导社会发展方面应当承担更多的责任。因此，科技工作者一方面要通过自身的创造性科研活动，有效地服务于社会，造福于人民；另一方面，科技的进步还必须赢得社会的充分的信任，包括公众对科学技术，对科学家的信任以及科学家之间的相互信任。

钱学森以很大的精力关注我国整个科学事业，包括社会科学事业的发展。在他担任中国科学技术协会主席期间，在贯彻“献身、创新、求实、协作”的精神和倡导“坚持真理，诚实劳动，亲贤爱才，密切合作”的职业道德，提倡科技人员学习马克思主义哲学，宣传“科学技术是第一生产力”思想，普及科技知识，弘扬科学精神，维护科技人员的权益等方面做了大量的工作，特别是在坚持中国科协是党领导下的群众团体，要坚持正确的政治方向和民主办会的方针等一系列重大问题上，发挥了重要的指导作用。

钱学森一贯主张我国科技事业，特别是国防科技事业的发展要坚持独立自主、自力更生、艰苦奋斗的方针。他在许多讲话和文章中阐述和宣传这一方针的重要意义，并在实践中始终如一地坚持贯彻这一方针。他具有高度的民族自尊心、民族自信心和民族自豪感，坚信中国共产党领导下的中国科技人员有足够的智慧和能力实现我国科学技术和国防科学技术现代化。他身体力行，与广大科技工作者一起，以其真才实学，为建设适应国民经济和国防需要的，有中国特色的科技事业而奋斗。

从事科学技术工作，有时会在很艰苦的环境里奋斗，要付出一定的代价，甚至牺牲部分个人利益，需要科技人员付出很大的心血和努力，需要有坚定的信念和足够勇气。马克思在 1835 年写的《青年在选择职业时的考虑》一文中说：“如果我们选择了最能为人类服务的职业，我们就不会为任何重负所压倒，因为这是为全人类所作的牺牲；那时我们感到的将不是一点点自私而可怜的欢乐，我们的幸福将属于亿万人，我们的事业虽然并不显赫一时，但将永远存在；而当我们离开人世后，高尚的人们将在我们的骨灰上洒下热泪。”（《马克思恩格斯论教育》，第 49 页）马克思的这些话，说出了我们对待选择职业、对待艰难困苦应有的态度。

五、科技工作者应当成为社会道德的楷模

纵观科学技术发展的历史，在科学探索过程中，高尚的科学道德情操始终是凝聚和激励人们为科学献身的重要精神力量。爱因斯坦在追念居里夫人时曾说：“科学家的道德品质比他们的智慧结晶对当代和历史进程也许有更重大的意义；而智力成果与人的品格之间的关系，也远比一般认为的要密切得多。”事实上，高尚的科学道德情操从来都是科学研究的精神力量，也是社会道德规范的标杆。古今中外的许多伟大科学家，不仅因其在科技事业上为人类作出了重大贡献，更因为其品德的高洁而成为社会的楷模，正所谓“高山仰止，景行行止”。

江泽民在受奖仪式上号召：“我们大家都要向钱学森同志学习，学习他严谨的科学精神，学习他崇高的民族气节和优秀品格。希望科技工作者特别是青年科技工作者，自觉地增强民族自尊心和自豪感，坚定社会主义信念，为祖国的社会主义现代化建设贡献全部力量。同时，要像钱学森同志那样，自觉地运用马克思主义的世界观、方法论指导科研工作和其他活动，在科学技术的实践中努力进取，锐意创新，不断有所发现，有所发明。”

钱学森淡泊名利、乐于奉献，孜孜不倦地追求真理的品质，正是他留给后人的宝贵精神财富。

六、推广科学技术成果是科技工作者的重要任务

“弘扬科学精神，传播科学思想，倡导科学方法，普及科学知识”，这是我们科技工作永恒的神圣使命。钱学森认为，科学技术研究成果是全人类的财富，它应该成为人类认识自然和改造自然的有力武器。衡量科学技术研究工作对社会主义事业所作的贡献是大是小，不只决定于它的学术价值，同时也取决于研究成果推广的程度。科学技术研究成果是社会生产力发展的重要因素。欧洲18世纪的产业革命，就是由于蒸汽机的发明而引发的。当前我国的技术革命也就是科学技术研究的发展及其成果的推广。某一项科学技术成就的重要程度，取决于它对技术革命、对生产力的发展的重大影响。如果我们要求科学技术赶上世界先进水平，那就意味着生产上也要推广应用了那些达到世界先进水平科学技术成就。推广科学技术研究成果，是科学技术工作中一项极为重要的任务，也是我们社会主义建设事业中一项极为重要的任务。

钱学森认为，推广科学技术成果应该是每一位科技工作者的重要任务。有人认为科学研究工作只要得出数据、写出论文就算完成任务，至于推广应用，能不能推广，能不能应用，则是别人的事。有的科研人员为了使研究工作“走在前头”，一项研究取得初步成果，就又抓其他的题目去了；他们的初步成果就只好束之高阁。这样的想法都应该加以改变。科学技术工作者应该把研究成果的推广，看作是自己研究工作的一部分。甚至在考虑研究课题时，就应该有为某一领域或某一建设工程解决问题的准备，这样在研究工作完成以后就很容易推广。

同时钱学森还强调，科学技术研究成果的推广工作，必须实事求是。一项研究成果达到什么技术水平就是什么技术水平，不允许有丝毫虚夸。如果一项研究成果还没有达到所要求的标准，而夸大宣传，强求推广，这就会使实际工作遭到损失。科学技术研究必须十分重视测试、检验、绝不允许玩弄玄虚。

七、钱学森精神给我们的启迪是多方面的

钱学森始终站在学术的风口浪尖，勇于开拓，勇猛精进，从而取得了举世公认的杰出成就，为祖国争得了荣誉和骄傲。他对国家、对民族、对国防事业的卓越贡献，无论给予什么样的奖励和名誉地位都是不过分的，但是他从不把这一切，看成是个人的成功，而是归功于集体，归功于“中国人”。长期以来，他多次谢绝荣誉，捐献金钱，品德非常高尚，令人十分感动。在当今市场经济条件下，我们无论是实行工效挂钩的物质奖励，还是评选先进，提拔干部，晋升技术职务等项改革和工作中，都难免有这样那样的不平衡和不尽如人意。我们新一代的共产党员、共青团员、知识分子，都应该学习钱学森那种淡泊名利的精神，把事业和工作放在第一位，把名利看得淡一些，而不是争名争利，斤斤计较一时的荣誉，一点点蝇头小利。

20世纪80年代末期，钱学森的一位朋友送他一帧《咏竹》的条幅：“未出土时先有节，待到凌云更虚心。”这就是对钱学森高尚品德的生动写照。

一、哥廷根学派的形成及其精神特点
二、路德维希·普朗特-冯·卡门-钱学森——近代力学的主流学派
三、钱学森不仅把哥廷根学派的精髓带回了中国，而且形成了钱学森学派

第六十二章 从哥廷根学派到钱学森学派

理论的创新、科学的创新、技术的创新，是非常需要借助学派的力量来推动的。毋庸置疑，学派的继承和发展，是推动科学发展的重要因素。1978 年钱学森在全国力学规划会议上指出："哥廷根学派对力学的发展起着重要作用。"总结哥廷根学派对近代力学发展的贡献，研究哥廷根学派的精神和科学研究艺术无疑是很有意义的。

钱学森的治学思想，学术研究风格与科学技术史上著名的德国哥廷根学派的治学理念一脉相承。为研究钱学森学术研究风格与艺术，很有必要回顾一下钱学森与哥廷根学派的师承和渊源关系。钱学森不仅把哥廷根学派的精髓带回了中国，而且在他杰出的人格魅力和学术魅力感召下，自然而然地在中国这片土地上形成了一个特色鲜明的钱学森学派。

一、哥廷根学派的形成及其精神特点

哥廷根（德语原是"水边小村庄"的意思）是德国的一座城市，哥廷根大学素有德国大学王子之称，是欧洲最著名的大学之一，创建于 1737 年。哥廷根前任市长说过："有人说哥廷根没有大学，哥廷根本身就是一座大学。"哥廷根大学的留学生几乎遍及世界各国，1923—1924 年间，朱德在哥廷根大学求学时住过的一幢临街的红楼，学校还专门辟为"中华人民共和国元帅朱德"故居。该校图书馆藏书之多，在德国名列前茅。18 世纪后期它是德国浪漫主义先驱的诗人们集会的中心。进入 19 世纪，哥廷根大学就已成为全世界著名的数理中心。到 20 世纪，它的物理系教师中有 20 多人获得了诺贝尔奖金，他们在现代物理学中有一些最重要的发现。目前在校学生约 3 万人。

哥廷根学派，从高斯（Carl Friedrich Gauss，1777－1855）－黎曼（Bernhard Riemann，1826－1866）－克莱因（Klein Felix，1849－1925）－希尔伯特（D. Hilbet，1862－1943），在近代数学的发展中处于主导地位，对世界科学技术的发展也有深远的影响。如果追溯哥廷根学派的兴起，还应该以数学王子高斯为标志。19 世纪 50—70 年代，德国处于由农业国向工业国过渡时期，化学工业、内燃机工业和电气工业均名列世界前茅。德国数学界的领袖人物克莱因的青年时代就是在那个时期度过的，因而培养了他在国际学术界的竞争意识和开拓精神。从大数学家高斯开始，就主张数学家不单纯研究数学，而且要积极应用数学工具去解决天文学、物理学等方面的实际问题。1886 年，克莱因派的后期之秀希尔伯特等人前往当时号称"世界数学中心"的巴黎，详细考察了世界数学发展动向。回国后，克莱因把握时机，带领哥廷根大学应用数学力学工作者，制定奋斗目标。以克莱因为首的 4 位教授，团结一批有事业心的年轻人，在研究数学问题的同时，开展对当代力学和物理学领域新成果的研讨，引起了国外同行的关注。因此坚实有力的数学推理和精密严谨的数学计算成了哥廷根学派早期的特点。

1893 年，克莱因到美国旅行，参观了当时的芝加哥国际博览会，访问了一些大学，他深深感到新起的美国的确是地大物博，资源丰富，人口众多。德国和其他欧洲国家要维持科学和工业的优势，必须采取更科学的方法，必须将力学理论应用到工程技术的发展中去，以便经济合理地使用材料，节约资源，设计出各种性能优良的技术装备。为此，回国后，克莱因怀着这个信念，致力于将科学技术与同工业结合起来的事业，广泛接触德国工业界的代表人物，宣传在理科大学中建立应用数学和应用力学等应用科学研究所的优点。他的主张得到了德国工业界的支持。经过几年的努力，到 19 世纪末和 20 世纪初，开始着手在哥廷根大学建立这样应用科学研究机构。

意味深长的是，德国的另一位应用力学的开拓者福波尔（A. August Föphl.）慕尼黑工业大学的工程力学教授，他不仅把两个儿子培养成为工程力学教授，而且他把两个女儿嫁给了两位工程力学教授。两位女婿中的一位便是后来成为哥廷根学派的领袖人物路德维希·普朗特（Ludwig Prandt，l875－1953）。普朗特是学机械的，他不仅有丰富的工程知识，而且具有出色的数学才能，但他自认为是一名工程师，而不是数学家。1903 年，年仅 22 岁的普朗特在第三届国际数学家大会上宣读了他的《边界层理论》的论文，这项工作立即引起了国际著名数学家哥廷根大学数学系主任克莱因的注意，他认为普朗特是一位有才华的杰出青年，于是将其从汉诺威高等理工学院聘请到哥廷根大学任职，为创立哥廷根近代力学学派迈出了决定性的一步。普朗特在哥廷根大学主持建立了应用数学力学研究所，并亲自出任研究所的领导人，可以说这个研究所是近代力学的起源。从此，哥廷根近代力学学派在普朗特的领导下蓬勃发展。

哥廷根大学的力学研究机构建立以后，德国的应用力学，特别是空气动力学得到迅速发展，为德国航空事业的飞跃发展奠定了理论基础。哥廷根学派的理论联系实际、数学理论与应用科学结合的优良学风，几乎影响到世界所有工业大国。哥廷根成为吸引世界各国有志于从事应用力学的学者的研究中心和教育中心，在普朗特的领导下，哥廷根大学应用数学力学研究所人才辈出，培养出一大批世界知名的力学大师。其中最著名的

一位便是钱学森的导师冯·卡门。20 世纪 30 年代,希特勒迫害犹太人,许多著名力学家,如冯·卡门、提摩辛柯等人迁居美国,对美国后来的力学发展起到了巨大的促进作用。

自 20 世纪初到 1933 年,哥廷根学派达到鼎盛时期。哥廷根学派所以能在对应用力学的发展和人才培养方面作出举世瞩目的贡献,其指导思想、研究方法和科学管理,确有值得借鉴之处。科学界公认的哥廷根学派的特点有如下几点。

(1)善于理论联系实际,善于从重要的工程技术中选题,并重视力学理论的发展。具体地说,深入实际提炼力学问题,创立新的模型,从实验、量测、计算、理论上全面进行综合研究,并将其结果上升到理论高度,最终解决实际问题。力学的发展,在依赖于生产实际的同时,在一定程度上,还由于其内在的逻辑方面的规律性,如杠杆原理,墨子和亚里士多德提法差不多,原因是当时的生产水平差不多。又如,为什么新中国成立之前我国的力学主要是结构力学呢?主要的社会原因是没有自己的独立工业,但房子还得造,混凝土构件出现,使结构力学比较盛行。

(2)重视物理现象的本质研究。1948 年,在德国物理学会授予普朗特名誉会员称号的仪式上,会议主席物理学家海森堡赞誉普朗特具有一种特殊才能,即不需要计算就能看出力学问题的数学方程可能有什么解。普朗特在答词中谦逊地说,他并不具备这种能力,不过他十分重视现象和过程的物理本质。的确如此,普朗特的独到之处就是善于透过复杂的力学现象,抓住能反映现象本质的主要物理因素,忽略次要因素,把复杂现象简化为简单而又易于处理的数学模型。当没有深刻了解事物或过程的物理本质以前,他决不动手建立数学模型。

(3)普朗特的这种直观能力主要来自他是学工出身。在学生时代就注意训练自己对事物有清晰的物理概念。他非常重视实验,也喜欢观察自然现象。由于长期重视实验和细心观察,他有丰富的感性素材和卓越的分析能力,因而对物理现象的本质具有敏锐而又深刻的洞察力。他的学生们也深受他的这种思想理念的影响,自然形成了哥廷根学派的特点之一。

(3)善于灵活运用数学工具解决力学中的问题。哥廷根学派认为数学是解决力学问题的重要工具,但是,力学工作者在解决力学问题的过程中不应过分拘泥于数学的严谨性。

(4)善于把各种人才组织起来,发挥各自的特长。哥廷根流体力学研究所是由三类人员组成,即流体力学家、数学家和技术人员。他们分工合作,相互取长补短,相得益彰。其他研究机构大体相同。

(5)重视学术交流,掌握世界先进水平。他们坚持每周一次学术讨论会,讨论实验和理论问题,介绍和分析国外的最新进展。纳粹统治之前,经常有世界各国的科学家访问哥廷根,使他们有机会与国外学者直接交流学术观点,共同促进了近代力学的发展。

二、路德维希·普朗特-冯·卡门-钱学森
——近代力学的主流学派

路德维希·普朗特是近代流体力学的奠基人,也是德国空气动力学研究所的创始

人。他和他的学生们的杰出贡献使哥廷根大学成了近代流体力学的主要发源地，而他本人被誉为“空气动力学之父”。

路德维希·普朗特出生于德国的弗赖辛。父亲亚历山大·普朗特是一个农学院的工程学教授，母亲体弱多病。1894 年普朗特进入慕尼黑工业大学学习工程，著名的流体力学教授福波尔是他的老师。在福波尔指导下，他用两年的时间，研究了关于曲梁横向失稳问题，获得了固体力学的博士学位。此后，普朗特的兴趣立即转向流体力学领域。普朗特应邀承担的第一项研究工作是解决抽吸装置中的有关问题。在研究过程中，普朗特开始思索已有理论未曾考虑到的重要因素。经过 3 年的紧张工作，于 1904 年在海德尔堡举行的第三届国际数学学会上，宣读了一篇题为《关于小粘性流体的运动》的论文。这样一篇论文的重要意义，在当时是很少有人理解的。然而，在 100 年后的今天来评论它的价值时，可以说它是近代流体力学理论的一块基石。

在 19 世纪末期，流体力学沿着两条基本上相互独立的道路发展，一方面无粘性流体力学的数学理论日趋完善，但在解决实际问题方面却遇到了不可克服的困难；另一方面是依靠关联实验结果的实验流体力学，虽然它经常作为工程设计的依据，但由于缺乏理论指导，难免有它的局限性。当时造船工程和航空工程迫切要求解决物体的摩擦阻力问题，急需将上述两方面的工作统一起来。普朗特在简陋的水槽平板流动实验中，系统而又周密地观察了平板附近的各种流动现象。他不满足于简单地测定平板的阻力，而是透过现象抓住粘性主要在平板附近的薄层中有影响的物理本质。1904 年普朗特建立了划时代的边界层理论，只需在物体表面附近考虑粘性的作用，求得了物体所受到的摩擦阻力，成功地解决了理论与实验的矛盾，奠定了近代流体力学的基础。从此，由普朗特开创的应用力学便和航空技术紧密地结合起来，成为推动航空技术发展的理论基础。

普朗特的另一个重要贡献是机翼升力理论。大家知道，1903 年，人类第一架飞机飞上了蓝天，但是如何计算机翼的升力仍未解决。在 20 世纪头 10 年中，由英国的工程师兰切斯特(F. W. Lanchester)、德国的数学家库塔(M. W. Kutta)、和俄国著名的力学家茹柯夫斯基(H. E. Joukowski)等人的研究对无限翼展问题获得了一些结果。兰切斯特进一步研究解决了二元机翼计算问题，但并没有建立有限机翼升力的数学理论。普朗特看准了这个问题，采用机翼的风洞试验，分析机翼升力分布的实验数据，经过进一步提炼，提出用升力线来模拟有限机翼的绕流，将问题归结为求解一个微分积分方程——普朗特积分方程。他和他的学生们圆满地求解了这个方程，为飞机设计提出了理论依据。

除上述贡献外，普朗特还把气体分子运动的平均自由程的概念用到湍流，成功地提出了“混合长”概念，大大简化了对湍流复杂运动的描述；1909 年，普朗特在哥廷根主持建成了世界上第一个 2 米 ×2 米回流风洞。利用这座风洞普朗特进行了许多机翼和其他飞机部件的试验，发展了包括“绊线”在内的许多实验技术。

钱学森的老同学，我国第一位著名的女流体力学家陆士嘉(1911—1986)，1937 年赴德国哥廷根大学学习，在普朗特教授指导下，1942 年获得哲学博士。1946 年回国。一生致力于我国的力学教育事业，一直坚持培养研究生。在“文革”后期，将其导师普朗特的名著《流体力学概论》(第 7 版)翻译成中文出版。

在20世纪30—40年代，普朗特作为流体力学的元老，继续对这门学科的理论和应用作出了不少贡献。晚年的普朗特转向气象方面的研究。1953年8月15日在哥廷根与世长辞。

哥廷根学派的又一代表人物冯·卡门对这位近代力学大师的评价是："普朗特学工程出身，他有理解物理现象的直观能力，他把这些现象表现为比较简单的数学形式。普朗特对数学方法和技巧的掌握倒比较有限：有很多他的助手和门生在解决困难的数学问题上都比他强，但是，就抓住主要物理关系忽略次要以建立简化方程组而言，他的能耐是比其他人强。我认为，在力学领域里，他甚至可以跟著名的前辈像欧拉和达朗贝尔们相比拟。"（冯·卡门著，《空气动力学的发展》，上海科学技术出版社，1959）。

一个学派的核心人物十分重视培养接班人，而接班人对学派的传统既继承而又有所发展，这是对科学技术发展有重大影响的成功学派的典型特征。比普朗特小6岁的冯·卡门继承和发展了哥廷根学派的优良传统，对空气动力学的发展起了巨大的促进作用，使哥廷根学派的理论联系实际的优良学风影响到欧美各国和我国的近代力学的发展。

1911年，当普朗特的研究生西门子（K. Hiemenz）在水槽作圆柱绕流分离实验研究时，冯·卡门从水流的摆动中发现了著名的"卡门涡街"，从而解释了机翼的尾流阻力。1926年冯·卡门在研究湍流时，假定流场中任意两点附近，湍流的流动状态应该相似，其差别仅在于长度和时间的比例尺度，从而建立了混合长与流速分布的联系。在研究中他分析了普朗特长期积累的大量实验数据，最后求得了流速对数分布的规律。其后，普朗特根据混合长与离物体表面的距离成正比的假设，也独立地得到了同样的公式。对数定律是湍流研究中理论和实验结合取得的一大成果，而普朗特和冯·卡门的合作性竞赛促成了这一成果的实现。

冯·卡门是匈牙利犹太人，1881年5月11日出生于布达佩斯。他6岁就能用心速算5位数乘法；17岁进皇家约瑟夫大学学习机械工程，毕业后又赴哥廷根大学深造，起初他跟随普朗特研究应用力学，又和德国物理学家玻恩合作搞过晶体原子结构模型。在普朗特、克莱因、希尔伯特、尤格、奈斯特等科学大师的熏陶下，卡门在哥廷根打下了雄厚坚实的基础。后来他又去巴黎大学学习，由于对流体力学有着极大的兴趣，1908年卡门重返哥廷根，做普朗特的助手兼力学课讲师。第一次世界大战爆发后，他被征入伍，在奥匈帝国空军服役；大战期间，曾设计制造了世界上最早的系留式直升机。战后他又到德国，在亚琛工学院任航空系教授。1929年底，冯·卡门离开了纳粹阴影笼罩的德国去了美国，从此，他便一直在加州理工学院执教，并加入美国籍。美国的近代力学，是在冯·卡门从德国移居美国后才建立起来的。冯·卡门是美国近代应用力学的奠基人，他推动了20世纪30年代后期美国应用力学的迅猛发展。

1963年2月18日，为表彰冯·卡门对科学、技术和教育事业的无与伦比的杰出贡献，肯尼迪总统在白宫玫瑰园里亲自授予他美国第一枚国家科学勋章。

冯·卡门在国际科技界名声卓著，他一生中获得过许多荣誉。一些研究机构以他的名字命名，月球上也有一个定名为冯·卡门的陨石坑。1963年5月7日，冯·卡门在亚琛病逝，终年82岁，后安葬与美国加州好莱坞公墓。

德国火箭科学家冯·布劳恩(Wernher Von Braun)说:“冯·卡门是航空和航天领域最杰出的一位元老;远见卓识、敏锐创造、精于组织——使科学之间打破门户之见、消除民族歧视和语言隔阂、共同协作的非凡能力,正是他独具的特色。”

冯·卡门从1929年来到美国到1942年前他一直领导加州理工学院的古根海姆航空实验室(GALCIT),使这个实验室成为国际著名的航空和航天,特别是流体力学方面的研究中心。他吸引了世界上许多最优秀的流体力学家来到这里,做短期或长期的访问;GALCIT的出版物和研究通信几乎统治了整个流体力学领域;它的学生毕业后,成为许多国家杰出的工程师、学者和工业巨头。Sears,W. R. 发表在Annual Reviews of Fluid Mechanics,11(1979)的回忆文章《GALCIT的冯·卡门年代》中说:“很清楚,冯·卡门给这个机构带来了两个特点,这些特点确立了它的精神和风格。第一个特点是强调有创造性的研究工作和出版物,这是他从哥廷根普朗特研究所的背景中自然而然带来的特点,但这却不是20年代末至30年代初美国理工学院所常有的特点。第二个特点是不拘礼仪。看来这是本人固有的品质,这种品质在当时欧洲大陆的那种大学的圈圈里,很难说是典型的,但它受到欢迎,并且很容易地为加州理工的风气和院长的美国同事们的脾气所鼓励。”GALCIT日常活动的一个最重要的特色是从不间断的每星期的研究会。“这种会议的成功首先取决于主席及其同事们的广泛兴趣、经验和判断;开诚布公地询问以及老师和同事面前自觉暴露自己错误的精神也是需要的。主席的客观性和会议上友好的、不拘形式的气氛使得上述这些事情成为可能。”钱学森也多次向人们讲过当年他和卡门之间不拘形式的讨论,他常常和卡门为一个问题而激烈地争论起来。

钱学森来到美国留学,直接师从冯·卡门教授,先是师生关系,后来是助手同事,自然受到冯·卡门以及哥廷根学派的治学风格的深刻影响。冯·卡门在加州理工学院工作时期培养的中国研究生除钱学森之外,还有郭永怀、钱伟长、林家翘(美国科学院院士)、张捷迁、袁绍文、周明鸂(应钱学森的邀请1941年到加州理工学院从事研究工作。1947年回国,哈军工著名教授)等。稍晚一点还有GALCIT第三任院长冯·卡门的弟子汉斯·沃尔夫岗·李普曼(H. W. Liepmen)的研究生庄逢甘等。冯·卡门为中国培养的这一批杰出科学家,为我国的科学事业发展作出了巨大的贡献。

钱学森是冯·卡门最杰出的学生,20世纪30年代末和40年代初,他俩联合发表了很多文章。冯·卡门致力于湍流统计理论,并在攻克湍流摩阻和传热问题方面取得了成功;对于升力面和非定常机翼理论,他提出了新的观点和新的处理方法;在流体力学方面,卡门和穆尔(N. B. Moore)共同研究了超声流中的细长体近似,并由钱学森将其结果推广到有攻角的情况;卡门和钱学森一起开创了著名的亚声速流近似处理方法;在固体力学方面,卡门和钱学森在非线性屈曲理论方面作出了重要贡献。

20世纪30年代后期,卡门热心支持马利纳和钱学森等开始进行火箭技术的研究,最后建立著名的喷气推进实验室。《GALCIT的冯·卡门年代》一文指出:“在这个火箭发展的所有方面,卡门都起了极其关键的作用。马利纳和钱学森是他的学生,取得博士学位后是他的助手。从他们规模不大的实验和计算开始,他就深信火箭推进的重要性。他为他们的研究提供资金和地方,帮助他们把喷气助推起飞的想法推销给空军和海军。不

同于其他早期热心者的工作,GALCIT 的这一工作对今天的火箭技术,直接地作出了贡献,而且对这门技术起过巨大的影响。"

通过上述一系列卓有成效的科学研究活动,钱学森真正地学到了冯·卡门所继承和发展了的哥廷根学派的思想精髓。冯·卡门在他的自传中高度评价钱学森在这段时期的工作,他说:"36 岁的钱毋庸置疑是一位天才,他的工作极大地促进了高速空气动力学和火箭推进技术的发展。"

历史就是那样有趣,1945 年 4—5 月,在第二次世界大战胜利结束的前夕,作为哥廷根学派的正宗传人钱学森在他的导师冯·卡门的带领下,寻访了他理应寻访的哥廷根大学,拜会(实际上是审问)了他理应拜会的祖师普朗特,这件事成为科技界的趣谈。冯·卡门在自传中讲道:"第二次世界大战结束前,我非常高兴地带他一起到德国稽查希特勒的秘密技术发展情况……当钱和我在哥廷根大学审问我昔日的老师路德维希·普朗特时,我突然意识到这次会面是多么奇特,一个是我的高足,他后来终于返回中国,把自己的命运和红色中国联系在一起了;另一个是我的业师,他曾为纳粹德国卖力工作。境遇是多么不可思议,竟将三代航空动力学家分开来,天各一方。"

我们应该从古今中外各学派的传承上得到启迪,比如以中国孔子学说等诸子百家的传承的历史为鉴,我们应该认识到,中华民族的复兴必须有各学科各门派的传承工程。钱学森的学术思想、科学精神、科学观和方法论等,丰富的治学思想和治学经验的传承是其中重要的一个。

三、钱学森不仅把哥廷根学派的精髓带回了中国,而且形成了钱学森学派

1. 钱学森学派的形成与治学精神

哥廷根学派对中国近代力学发展的影响早在新中国成立之前就已开始。当时我国的力学事业几乎可以说还没有起步。1929 年,冯·卡门路过中国,参观了清华大学,建议清华大学开设航空课程。不久,清华大学在我国建立了第一个航空工程学系。1933 年春,又聘请冯·卡门为顾问,并请他推荐专家来华讲学,冯·卡门欣然同意,派其养子、航空技术专家华顿道夫(F. L. Wattendof)来清华大学讲学,并担任航空系的科学顾问。在华顿道夫指导下,清华大学建造了 5 英尺(1.524 米)低速风洞;在南昌主持建造 15 英尺(4.572 米)低速风洞,由于日本帝国主义的侵略和国民党反动派的腐败无能,南昌的风洞未能最终建成。

1937 年 7 月,卡门应邀访华,在苏联演讲之后来到中国,他认为中国航空工业的发展首先取决于人才的培养。他建议,应该鼓励学生们进行实验研究,应该从实验中发展航空科学技术,培养航空人才。在他的自传(中文版,冯·卡门口述,李·爱特生执笔,《冯·卡门——航空与航天时代的科学奇才》,上海科学技术出版社,1987 年)中对这次中国之行作了详细的记述:"中国人对理论数学很在行,但他们却不轻易接受试验方法,这可能跟某些传统观念有关。针对这一点,华顿道夫在试验课程中所讲授的皆为实用之试验,如此方能使他们成为一位工程师时,对其所遇之实际工作与问题,包括建造及使用

南昌的风洞在内，有所准备。”

1937 年 7 月 7 日，冯·卡门乘火车南下访问南京，次日早晨途径济南站，得知抗日战争爆发。在中华民族生死存亡之际，冯·卡门让华顿道夫返回日军占领的北平清华大学，让他尽力保护清华大学风洞的安全。后来华顿道夫为校方携带出巨额校款及珍藏镭锭。上述事例可以说是哥廷根学派的精神在中国的早期传播。

新中国成立后，随着钱学森、郭永怀、钱伟长、陆士嘉、周明鸂、罗时钧、郑哲敏、任新民、梁守磐、庄逢甘等一大批哥廷根学派的直系著名科学家的陆续回国，我国近代力学研究出现了崭新的局面。

1956 年，钱学森、钱伟长筹建成立了我国力学研究的权威机构中国科学院力学研究所；同年，陆士嘉领导的北京航空航天大学（原北京航空学院）空气动力学教研室，首先在飞机系开设空气动力学专业。随后其他航空学院也成立了这个专业。

1957 年，在钱学森、郭永怀、钱伟长等著名科学家的推动下，中国力学学会正式成立，并创办了新中国第一份全国性力学学术刊物《力学学报》；同年，钱学森、郭永怀、钱伟长等亲自主持创办了著名的清华大学力学研究班，培养了我国第一代高层次力学教学和科研人才。

1958 年，钱学森参与创建中国科学技术大学，并亲手筹建成立了中国科技大学近代力学系，担任系主任 20 年之久。钱学森还对北京航空航天大学、北京大学力学系、清华大学工程力学系、中山大学力学系、上海交通大学力学系、国防科学技术大学等教育系统的力学研究与教学工作给予过热情指导。

20 世纪 60—70 年代，钱学森为建设我国重要的力学科研基地——中国空气动力研究与发展中心，付出了极大的心血和努力。他的近代力学的思想，在这里得到了充分的体现。

特别是钱学森亲自主持或参与了新中国前 40 年里的几次重要的力学发展规划的制定工作，对开拓中国的力学事业产生了深远的影响。

钱学森归国以来在我国科学技术长期处于领袖地位，特别是在广大的力学工作者心目中，钱学森几乎是绝对的权威。在上述这些工作中，钱学森把哥廷根学派的优良传统在中国整个力学界得到了很好的继承和发展。钱学森学派的形成，是钱学森半个世纪科学活动和人格魅力的必然结果。钱学森学派的精神给我们的启迪是多方面的，也是很值得研究的，特别是在我们这个学术学派极不发达的国度，更有它的现实意义。下面是笔者所体会的钱学森学派的几点精神与特点。

第一，科学是神圣的事业。科学工作者对科学应该有虔诚的信仰，执著的追求、自觉的献身精神，实事求是的态度，钱学森学派的科学家们在这方面堪称楷模。我们的时代需要这样的科学家。

第二，科学技术的研究活动必须面向实际。重视实践，在生产实践中找到研究的课题，解决生产实践中遇到的问题。科学技术的最终目的是为人类社会的文明进步服务。

第三，科学需要自由民主的学术气氛。应该允许不同学术思想的争论，鼓励科技人员发表自己的观点。有批判精神，敢于公开修正自己的错误。

第四,科学需要大力协作和广泛交流。钱学森学派的精神为我们树立了科学合作的典范。现在普遍反映,我国科技人员之间的协作和交流不如以前了,因此钱学森学派这种合作交流精神显得尤为可贵。

第五,科学界需要领袖。用钱学森的话说就是科技帅才,领袖的作用不仅仅在于引导科学沿着正确的方向发展,还在于他善于培养年青一代,集中发挥科学家群体的智慧和才能,创立优良的科学研究传统。

2. 钱学森学派的代表人物

钱学森在归国后半个世纪的科学技术活动过程中,与我国几代科学技术工作者建立了深厚的感情,特别是长期的学术交流中,许多科学技术工作者深得其学术思想之精粹。他们就是钱学森学派的代表人物,他们正以"好雨知时节,当春乃发生。随风潜入夜,润物细无声"般的方式在发扬着钱学森学派的精神,发展着钱学森学派的精神。在这里我们不妨简单列举部分钱学森学派的代表人物。

第一代　钱学森、郭永怀、钱伟长、罗沛霖、林家翘、陆士嘉、张维、周明鸂、任新民、梁守磐(据罗来勇著《哈军工魂》:钱学森是名副其实当过任新民和梁守磐的老师。)、张捷千、袁绍文(1937—1942 年在冯·卡门指导下攻读博士学位,后在美国航空工程领域从事研究工作,1982 年后多次回国讲学)、冯元桢(1948 年在加州理工学院航空工程系或博士学位,后在美国航空工程界和生物力学与生物工程界从事研究工作,1979 年后多次回国讲学)、沈元、李佩(郭永怀夫人)等都是世界著名科学家。他们都是冯·卡门教授的同门弟子,陆士嘉教授是普朗特教授的弟子,著名应用力学家清华大学原副校长张维院士是钱学森的小学同学,也是陆士嘉的爱人,他们都是至交好友。著名空气动力专家原北京航空学院院长沈元院士,自 1956 年以来受钱学森影响很大,学术上相互讨论,工作上相互支持。

第二代　钱学森的学生和直接受到钱学森深刻影响的著名科学家有:罗时钧、郑哲敏、宋健、谈镐生(冯·卡门弟子威廉·西尔斯的学生)、庄逢甘、许国志、孙家栋、王永志、戴汝为、汪成为、张信涵、王寿云、陶家渠、崔尔杰、于景元、唐志强、崔季平、钱希真、蔡树棠、吴金生、陈信、白以龙、何善育、韩京清、涂序彦、朱兆祥、雷见辉、喻显果、马兴孝、丁世有、刘源张、成思危等等大多数也同样是世界著名科学家;钱伟长的学生和直接受到钱伟长深刻影响的著名科学家有:林鸿荪、胡海昌、叶开源、潘立宇、郑思梁、谢志诚等

第三代　现在在我国航天、力学、人工智能和系统科学等领域第一线工作的广大科学技术工作者中,直接受到钱学森学派深刻影响的科学家和学者如大家熟知的中国航天科技集团公司总经理系统工程专家张庆伟、中国运载火箭技术研究院院长吴燕生、中国空间技术研究院长袁家军等等难以数计。他们正在传承着钱学森学派的精神,推动着钱学森开创的科学技术事业。

第六十三章 遵行民主、平等、严肃的学风

1991年12月11日,钱学森在"钱学森系统科学与系统工程学术思想讨论会"上讲到:"我自1955年回到祖国以后,我觉得中国学术界这样一点精神有点不够,就是说学术不够民主,这从1955年从美国回到祖国以后,别的都好极了,就是这一点我感到有点儿别扭。科学技术工作到今天,如果我们不是学术真正民主,大家共同讨论来促进,我看,我们要吃亏的。高镇宁同志知道,我在中国科协老讲这个,我们中国要不解决学术民主这个问题不行,而且我说得很清楚,不是什么学术自由,没有什么自由的,你爱怎么说就怎么说,科学要理论联系实际,要与实际对的,你能胡说八道?"

一、学术民主、平等的内涵

钱学森在美国加州理工学院的导师是世界著名力学大师冯·卡门。冯·卡门原在德国哥廷根大学执教,他来美国后,把欧洲哥廷根学派的良好学风带到了美国。他每周主持召开一次研究讨论会(research conference)和一次学术研讨会(seminar)。这些活动强调学术民主,不论是专家权威,还是普通的研究生,大家一律平等,都能畅所欲言,发表自己的学术论点。这给年轻的钱学森提供了锻炼创造性思维的良好机会。钱学森常和人们讲起,在一次学术讨论会上,他刚刚读完自己的论文,就有一位长者提出不同意见。钱学森不同意他的观点,两人一时争论起来,面红耳赤。事后冯·卡门问钱学森:"你知道你是在和谁争论吗?那是大权威冯·米塞斯(Von Mises)。但是,你的意见是对的,我支持你。"

在加州州理工学院,以冯·卡门为中心形成了一个真诚和睦的大

家庭。每个人都可以同科学泰斗争论，而讨论总是充满友好诙谐的气氛，甚至在争论最激烈的时刻，也时常迸发出幽默的话语和轻松的笑声。不同思想的火花相互碰撞，不断激发出决定性突破的灵感，使新的科学思想犹如泉涌，新的科学成果层出不穷。他们不计较个人的名利得失，总是毫不保留地发表自己的观点，常常很难说清谁对问题的解决贡献最大。

中国人常说“尊师”，说“师道尊严”，可是其实并没有搞清楚自己“尊”的究竟是什么“师”。是“尊”老师这个人，还是“尊”老师所进行的教育？或者仅仅是“尊”老师所拥有的知识？如果说仅仅是“尊”老师所拥有的知识，那你只要找到几本书，或者拥有一家大型图书馆，你就不必去“尊”什么“师”了。你不就想要“知识”吗？一旦手头应有尽有，还要“尊师”干吗？这种实用主义的态度，和市侩并无二样。

“尊师”最重要的是“尊”老师这个人，当然包括老师所进行的教育。“师者，所以传道授业解惑也。”传道授业解惑之中，最重要的就是教你如何做人。“尊师”首先就是向老师学做人，其次才是向老师学做学问的方法。学老师的学问，与向老师学习做学问的方法，完全不是一回事。有人只知道老师的学问，却不理解老师学做学问的方法，当然只能学点皮毛。向老师学做人，随着时代进步，内涵当然应该与时俱进，但并不等于说，“尊师”就排斥民主，就排斥平等。学生与老师平等讨论问题、甚至指出老师的错误，就不能说不尊敬老师，为尊者讳，那是官场规则，不应该在尊师范畴之内。

说平等与民主思想是挑战尊师观念，本身就是一个站不住脚的命题。平等的本质，就是真诚地尊重对方。在学生角度看，再怎么平等与民主，都不会与尊师相冲突。钱学森经常向人们谈起他和他的老师冯·卡门的故事：在一次学术讨论会上，钱学森和自己的老师冯·卡门发生了争论。钱学森坚持自己的观点，毫不退让，令冯·卡门十分生气。他把钱学森拿给他看的论文稿往地上一丢，拂袖而去。老师走后，钱学森默默拾起稿纸，但他内心并未屈服，在科学问题上，他绝不会轻易放弃自己的观点。然而，事后这位世界级大权威经过思考，认识到在那个问题上他的学生是对的。于是第二天一上班，他便亲自爬了三层楼梯，来到位于三楼一个旮旯的钱学森的小小的办公室，敲开门，恭恭敬敬地给钱学森行了一个礼，然后说：“钱，昨天的争论你是对的，我错了。”冯·卡门的博大胸怀令钱学森十分感动，并终生不忘。钱学森的这种“尊师”，含义丰富，颇耐咀嚼。这大概就是哲学家卢梭所说“我爱我师，但我更爱真理”的深刻意境吧。他回国后，一直极力倡导在学术上要发扬民主，并身体力行。

20 世纪 80 年代前期，当钱学森提出思维科学体系后，在学术界引起强烈反响，有赞成的意见，也有争论的意见，甚至一些年轻的学者提出了不同的看法（甚至是不正确的观点）。不管是什么人，提出什么样的意见，钱学森都是以一种平等的身份，一种非常平和的态度来对待，甚至在一些场合和文章里非常客观地介绍他们的不同观点。中南矿业学院的曹利风同志就对钱学森提出思维科学和思维科学体系发表了许多不同的看法，有些观点明显是错误的，然而，钱学森并无不快，反而向人们介绍了曹利风的观点。他说：“对于我刚才说的这些看法，有一些同志不大同意。比如说，中南矿业学院的曹利风同志在《自然信息》1983 年第 3 期上发表了一篇文章《思维科学体系初探》 小标题是《兼评钱学

森同志关于思维科学体系的设想》。他认为认识论是思维科学的基础科学，属于思维科学的基础理论。他的'认识论'也包括了科学方法论、形象思维和灵感，而他的基础理论中也包括了形式逻辑和辩证逻辑的逻辑学。此外还有跟基础理论平行的生理的基础，那就是闹科学之类的东西。曹利风同志认为，思维科学的技术科学有系统论、信息论和控制论。他这种说法，涉及整个科学的体系，什么是自然科学，什么是系统科学，什么是人体科学，这些统统不划分了。这是一种议论。华南师范大学哲学所的傅寿宗同志不同意曹利风同志把逻辑学说成是思维科学的基础理论。但是，他又说认识论是基础，不是桥梁。还说思维科学只有基础理论和应用科学，没有基础学科、技术科学、应用技术这样三个层次。"(《关于思维科学》，148 页)

"所以，这方面的议论很多，思维科学到底是怎样一个结构，大家还可以研究。我的意见就是前面讲过的这些。"(《科学与工程》，159 页)

不仅如此，1985 年上海人民出版社策划出版一套"新学科丛书"，并将思维科学列为首选课题，约请钱学森为主编。钱学森把曹利风评论自己的文章完整地编入《关于思维科学》一书，并放在第一部分，足见师长的学风与气度。

1984 年，钱学森在全国首届思维科学讨论会上，专门强调了学术组织的学风问题。他说："我们这个学会要有很好的学风，我们要严肃认真地搞学会工作，不能随随便便，更不能有江湖习气。搞学术，态度就是要认真、严肃。当然，严肃并不等于说不活泼。我们要诚恳地交流，有活泼的气氛，有话就说。我想，在我们思维科学这个新的领域里，没有什么权威，所以，我们决不能搞一言堂。大家充分发表意见，互相交流，争吵一下也没关系。暂时统一不了认识，不要紧，慢慢来。总之，我们既要严肃认真，又要生动活泼，充分发扬民主，百家争鸣，百花齐放。只要坚持这样去做，我们这个学术组织就可以搞好。"

尽管钱学森在学术界是公认的权威和大师，然而在一些学术会议上，人们常常可以听到他在郑重声明，修改自己的学术观点，检讨自己的失误，因为在钱学森看来，这并不是什么丢人的事，更算不上什么耻辱，这恰恰是一个人在认识上的一种进步，对自己对他人都是有益无害的。1988 年 7 月 11 日，他在中国人体科学学会一届二次理事会上公开讲道："在这个问题上，我要作自我批评，一年前我还没有说到这个问题，我还比较乐观，我很高兴，我们人体科学学会得到批准正式成立了，这是好事呵！大家努力干吧！没想到今天碰到这么大的问题……外来的一套东西会干扰我们，我们国家残余的封建势力在干扰我们，我在一年前还没有看到这个问题，现在才慢慢认识到这个问题不简单，我们搞人体科学研究的决不能小看这个问题。"(《论人体科学》，189 页)

钱学森经常和同志们讲："我自己也是从简单化的认识，逐步得到教训，改正我自己。"

1986 年 5 月 26 日，他在一次讲话中指出："既然是这么一种客观情况，我觉得作为一个学术组织么，我们一定要耐心地、不断地做说服团结的工作。不要因为哪位同志的想法你不赞同，就把他排除在外，那是不行的，因为，我们自己不见得都对。我们也从不对到对、不断前进，所以，我们的学术民主是非常重要的。各方面的同志都有很好的意见，但是可能也不很完善，这不要紧。我们发扬民主，充分讨论。"(《论人体科学》，95 页)

卓越的科学家都有虚心接受科学遗产的精神。牛顿有一句名言："如果我看得更远一些的话，那是因为我站在巨人的肩膀上。"科学活动中虚心接受知识遗产的精神，绝不单纯是一个学者的自我道德修养，科学活动犹如阶梯式的递进攀登，新一代人不继承先辈们的成就，不虚心向前代人请教学习，就无法前进。

谈到钱学森治学严谨的学风，只要是见过著名的《钱学森手稿》这本十分珍贵的图书，或者看过钱学森从事科学研究的手稿的人，你自然就会明白了。上世纪 90 年代先后两次从美国回归的 15 000 多页钱学森的科学研究手稿，突出地展现出他的清秀、工整的字体，严格按照标准书写的运算方程和公式，以及规范化的列图制表等特征。这些特征贯穿于他的全部手稿，不论它们是来自草图、初稿、修改稿还是算稿或草图，都充分反映出钱学森一贯的科研作风，直到现在他的所有手迹都保持着一种一丝不苟、严肃认真的精神。从他的算稿，你可以看到那一串串排列整齐的运算符号和数据，有的数据竟然精确到小数点后 8 位。要知道当时最好的计算工具是手摇的机械式计算器，而连最简单的对数函数和三角函数都要从厚厚的专门手册查找，并作内插计算才能得到。可见，这些数据后面包含了多少辛勤繁杂、严密细致的艰苦劳动。

钱学森的博士论文是属于流体力学方面的，但是在学位论文工作之后，他却首先转而研究各种薄壁壳体的失稳问题。这是因为这些问题都是当时困扰着航空工程师们的难题。那时的实验结果和理论推算之间存在着很大的差别，这是经典线性理论所不能解决的，对这种十分困难的非线性现象，那时还没有相应的理论。在薄壁圆柱壳体的失稳问题上，他十分认真地观察和分析了实验结果，经过反复尝试，他认识到，在失稳前后有一个能量跳跃过程，并发现了一种符合实验现象的模态，用它可以得到远比线性理论所得结果好得多的失稳临界载荷。这个结果是在他经历了多次失败后采取得的。仅现在收集到的有关这一问题的手稿就有 800 多页，而正式发表的论文却只有 10 页。这项研究完成时，钱学森在存放手稿的牛皮纸袋上用红笔写下了"Final"，即"最后的定稿"。作为一名严肃的科学家，他意识到该理论仍有不足之处，因此他划去"Final"，又写下"Nothing is final"，即"科学上没有什么认识是最后的"这几个醒目的字。

这项工作典型地反映出钱学森当时研究工作的一个特点。就是在复杂的现象中努力抓住最本质的东西，并在此基础上建立数学模型。由于求解非线性微分方程通常是极其困难的，因此在那时必需借助于进一步的近似才能得到解答，正因为如此，这个解答的正确性还需要经过实验的验证才能得到确认。到了今天，由于高速电子计算机的发展和数学理论的进展，人们在企图反映事物的主要矛盾和求解非线性方程方面，客观上所受的制约少多了，可以说发生了质的变化。对于一大批理论上成熟的问题，完全可以借助于计算机解决问题，而无需做多余的人为假设。在帮助认识复杂现象的内在规律方面，计算机作为数值实验的工具，也同样起很大的作用，因此在研究方法上，计算机把人们带入了一个新时代，人们对此必须有充分的认识。在这方面，钱学森也一直是积极的倡导者。

正是基于上述思想，在钱学森的科学技术著作里有一个突出的特点，那就是，在数学公式推导之后，必然有数字演算，以表明理论结果不仅逻辑上站得住，而且数值上也与实验结果或实际经验相符，以表明理论公式是可靠的，完成这一工作的过程往往需要多次

反复,工作是十分艰辛的。

二、钱学森严谨的治学学风

治学严谨是钱学森学风的特色之一。1986 年 9 月 15 日,在一次学术讨论会上,当一位学者的报告结束之后,钱学森中肯地讲道:报告人讲得很好,确实用心准备了材料,表达的也不错,不过,我这人总是爱挑毛病,我还是挑出一个毛病来,投影片上有些错字,以后我们的报告人应该慎重地核对一下,错字总是不好。我发现我们国家的科技人员有些马虎,还是要严肃一点,我对我的秘书要求很严格,我的秘书常常放过一些错字,让我给抓住了。科学是一个非常严格的东西,我劝大家还是要在严格认真这方面多做点工作,养成这么一个习惯没有坏处(《人体科学与现代科技发展纵横观》382 页)。

中国科学院力学研究所陈列着钱学森先生 1936—1955 年科研工作的手稿。它们是由钱先生的同事和挚友 Frank E. Marble 教授精心收集、保存和设法送返中国的。

这些材料有很大的科学与教育价值。从每篇手稿,每一页,每一个手书的字,处处都可以看到钱学森治学的那种勤奋,一丝不苟,严谨的精神。人们可以看到从文献调研,资料收集,理论模型的提炼与建立,数学运算和数值计算,与实验结果的对照,作图制表,几次修改直至最后成文的全过程。一笔一画是那样的工整和认真。他从不满足于一般性的理论推导,而是一定要通过数值计算和与实验的对比,使理论得到验证。一旦发现有误,就推倒重来,直至最后取得成功。展品中收集到有关薄壳非线性失稳理论的材料,仅推导演算就有 800 多页,其中多次显示出这样的过程,这还不包括尚未被收集到的,可见工作之艰苦,工作量之大,以及钱学森工作态度之严肃和认真了。

在科研、教学实践以外,钱学森对于美国及当时国际力学和航空、航天工业有广泛与深刻的了解。早在 20 世纪 40 年代,他就极力提倡技术科学。展出的材料中就有 1947 年他在浙大、交大、清华所作有关技术科学报告的提纲。

这些珍贵材料的收藏和展出,不仅为青年提供了一个难得的学习机会,也为教师和其他学者提供了作进一步探讨的素材。

1995 年,钱学森的部分论文手稿移交西安交通大学图书馆,在图书馆命名仪式上,钱学森的好友法兰克·E·马布尔发表了热情洋溢的讲话,全文如下:

很高兴有幸参加这个命名仪式,这座美丽的图书馆将以我们的朋友,卓越的科学家和工程师,钱学森来命名。在此,我想对我为此庆典作出的微小贡献说几句话。1946 年钱和我只短暂地会过面,然而,从 1949 年至 1955 年,在他返回加州理工学院(California Institute of Technology)后,我有殊荣和他密切地一起工作。对他,这是一个丰饶多产的时期,对我则是一场极富启发的经历。在这一时间中,而且我确信他在以前也一直是如此的,钱对他自己提出的每一任务表现出非凡的专注。他熟练地选择他的项目,对重要技术感觉敏锐,知识丰富,有超凡的物理的和分析的洞察力,选择一经作出,他很快就去解决问题,这是他工作的特点。作为这过程不可分割的一部分,钱记载了他思想——写下了每一问题,从启动,分析,发展,直至完成的及时而准确的经历。一旦最终文件推敲

到他满意了，那些笔记和计算就放一个大信封（通常是棕色的），并如我目睹过几次那样，被不经意地掷到他的书架上。当他回到中国后，许多别的事情占据了他的精力，这一材料就一直留在他办公室书架上。由于我可能是唯一知道这些内容意义的人，为了妥善保管，我将这些信封收集成文件。在以后的一些年代中，我又在 Guggenheim 航空实验室周围，陆续发现分散在遥远的储存点的其他文件。令我惊讶的是，我发现相似的一系列笔记，放在相似的棕色信封中，一直追溯至他与 von Karman 教授一起工作的早期。在这些笔记中，有构成他博士论文第一章的首次超声速边界层的理论分析和计算！即使对这一 1937 年文章作一粗略的研究，也显示出他获得的结果已远比那些已发表的范围要宽得多。最后，我认为满意地收集到了 1936—1955 年钱在美国期间所有，或近乎所有的科学和技术记录，但我一直认为这一材料应该回到他的家乡。令我十分欣慰的是，经过郑哲敏友好的努力，终于在大约两年前，如愿以偿了。

我深信，这些详细的研究笔记，如果结合他发表的文章，就将构成一个最卓越的科学头脑的早年非凡的宝贵记录。我怀疑还会有出自任何同时代的科学家和工程师的，可与此相比的珍藏，它栩栩如生地记录着一位当代科学家和工程师至关重要的技术贡献。这一材料在其作者接受他工作基础的大学里得到永久收藏是完全恰当和适宜的。

三、"在学术上不要以势压人"

1986 年 9 月 15 日，在航天医学工程研究所（现中国航天员训练科研中心）一次学术讨论会上，钱学森联系国外国内学术界的实际情况阐述了"在学术上不要以势压人"，要力戒保守思想，要敢于创新的观点。他讲了英国著名刊物《新科学家》（1986 年 2 月 27 日）刊载了一篇讲 F·鲍林（钱学森在美国加州理工学院的同事，诺贝尔化学奖、和平奖获得者）的主张：吃大剂量的维生素 C 可以延缓和防止癌症，这是一个理论。这种理论好像与美国的正统医学相对立的。鲍林是少数，当然也有赞成他的这种观点的，而美国的正统医学界的人多得很。去年正统派用一个他们占优势的刊物，报章来压制鲍林的意见……这给我一个负的作用，就是在美国对于学术问题本来是允许公开争论的，像这样的问题也不平等，正统派利用其庞大的集体，利用他们所拥有的刊物和一些报纸，不恰当地，不是放在一个公平的地位上来讨论问题而是压制鲍林的意见。鲍林要求的是，你们发表的意见我都可以反驳，你给我一个场合我来反驳，他们不给。这是什么问题呢？这就是说，一个集团假如很大了以后，就容易保守，保守了以后又因为力量很大，就能压制新的意见。钱学森认为我们国家也有这样的情况，而且很严重。这叫既得利益吧，这很不利于科学技术的发展。我为什么讲这个，目的是先自己要警惕，千万不要保守，不要听不得别人的话。科学技术的进步就是靠新的起点，这点是非常重要的。

当钱学森听到国外一些学者说，现在在英国和美国有一种情况很不好，年轻人很保守，跳不出老师的框框，这很不好，科学要发展，就在于有新的见解，老年人保守还说得过去，怎么年轻人也保守？就此，钱学森对国内科研人员讲："我们做科学技术工作一定要

敢于创新，不要保守。假如这个人工作了 20 年，老没有新东西，虽说勤勤恳恳地工作也有成绩，但没有新的东西，他的成绩毕竟不是很大的。”（《人体科学与现代科技发展纵横观》，386 页）

案例一 钱学森在 1957 年 11 月出版的《力学学报》上发表了《远程星际航行》一文，在这篇文章的“附录”中，谈到了他对质量能量问题的见解。对此，岳宗五、胡昌国、高伯龙 3 位年轻学者提出了不同看法。钱学森认真研究了三位年轻人的看法后，认为他们的看法是正确的，自己有些说法是错误的，于是，他立即写了《答岳宗五、胡昌国、高伯龙三位同志》一篇短文，连同三位年轻人的文章一并送《自然辩证法研究通信》同期发表。钱学森在文章开首一段写道：“我同意岳宗五、胡昌国、高伯龙三位同志所提的下列各点意见：①一般把质量和能量分别看待，分别守恒是首尾一贯的；内部无矛盾的。②没有理由把相当于静止质量为 m_0 的能量 m_0c^2 不认作能量，也没有理由把相当于能量 E 的质量 E/c^2 不认作质量。③我以前的见解会给唯心主义开方便之门。所以我的‘质能量’质的一面转化为‘质能量’能的一面的说法是有错误的，不正确的。”（《自然辩证法研究通信》，1958 年第 10 期，第 10 页）。从中，我们不难看到钱学森对自己不对之处的认识是多么的深刻，多么的毫不含糊。

案例二 1964 年远在新疆建设兵团农学院的一位年轻人郝天护给时任中国科学院力学研究所所长的钱学森写信，指出钱学森新近发表的一篇关于土动力学的论文中一个方程的推导有误。作为当代力学权威的钱学森收到这位素不相识的青年的信以后，不几天就亲笔给他回信，承认自己粗心大意。他在和郝天护探讨了具体科学问题以后说：“我很感谢，您指出我的错误！也可见您是很能钻研的一位青年，这使我很高兴。科学文章的错误必须及时阐明，以免后来的工作者误用不正确的东西而耽误事。所以我认为您应该把您的意见写成一篇几百字的短文，投到《力学学报》刊登，帮助大家，您以为怎样？”

后来，郝天护写了一篇名为《关于土动力学基本方程的一个问题》的论文，由钱学森推荐，在《力学学报》1966 年第 9 卷第 1 期上发表。

四、开展“百家争鸣”的典范

钱学森经常对同志们宣传这样的观点：学术讨论要“百家争鸣”，“百花齐放”，大家完全是同志式的，平等的；因为正确往往从错误来的，所以就是讲错了的人，对于最后得到正确结论是有贡献的。他说：“我深深感到在我们国家，学术讨论总是很拘束，而不是我在国外参加的那一些学术讨论会什么话都讲，就是大名家，大科学家也是随便讲的，讲错了就收回，无所谓。这一点在一切学术讨论会当中还应该发扬，没有这样的气氛，学术讨论不能很好的正常的进行，而学术讨论不能正常进行讨论，那么学术的进展收获不大。”

钱学森不但提倡“百家争鸣”，并且身体力行，带头执行“百家争鸣”的方针，为我们作出了很好的榜样。20 世纪 80 年代初，当我国对人体科学的研究还处于萌芽状态，一些同志还存有疑虑和争论时，钱学森就敏锐地指出：“对人体科学的研究可能导致一场 21 世纪新的革命。”他孜孜不倦地进行理论研究和指导实验，创建了人体科学的理论。

钱学森在学术争鸣中，坦诚地阐明自己的观点但并不固执己见，总虚心地欢迎大家提出了不同的意见和批评。这在他的《马克思主义哲学的结构和中医理论的现代阐述》(载《大自然探索》1983 年第 3 期)一文中表现得很突出。他在这篇文章的第一段有这样几句话"……我不赞成这种观点，不，不光是不赞成，我还要在这篇东西里讲出更'越轨'的话。好在本栏目是《大自然探索》的'论坛'，大概可以提出新见解，同时也欢迎批评，也可以争论。当然如果我错了，我一定改正，不然，怎么能全面开创社会主义建设的新局面呢?"从这短短的几句话里，我们可以看到钱学森坦荡的胸怀和严肃认真开展学术争鸣的科学态度。

钱学森是举世闻名的大科学家，但他从不以"权威"自居。这从他给《大自然探索》的来稿和来信中可以证明。他在信中很尊重搞编辑的同志，从不把他的意见强加于人，而总是采取"商榷"的态度。他每次寄来文稿，必给编辑部附信，每次信中称自己的文稿为"拙文"并总是以询问、商量的口气："此稿能否符合你们的要求?""此稿不知能用否?"

这里仍以《马克思主义哲学的结构和中医理论的现代阐述》一文为例。钱学森在 1983 年 2 月 5 日寄来此稿时所附信中说："拙作想投《大自然探索》的'科学家论坛'，不知可用否，请审阅。"编辑部的同志一致认为这篇文章学术性很强，为了加强"学术论文"这个栏目，想把该文放在"学术论文"栏发表，于 3 月 9 日写信给钱学森商量。钱学森收信后，于 3 月 14 日写信给编辑部说：这篇稿子"原来就是为'科学家论坛'写的，所以有论战性，因此不宜移植于'学术论文'，在那里就会显得火药味太重。"

由于与钱学森信件往返耽误了时间，使这篇稿子未能发表在 1983 年第 2 期《大自然探索》上，而要在第 3 期上发表，时间要推迟 3 个月。这事的责任完全在编辑部。因此，编辑部写信给钱学森，说明推迟发稿的原因，请他原谅。钱学森回信说："拙作发表晚几个月也无所谓。而且这也让我有机会根据同志们意见，加以修改。现呈上修改稿，请用此稿发排。"编辑部同志见了信，紧张的心情自然得到了宽慰。

钱学森的重要著作《开展思维科学的研究》同样寄给了《大自然探索》杂志，他在附信中说："拙文是今年(1984)8 月在北京全国思维科学讨论会上的发言整理而成，不知能用否? 如蒙采用，请赐印清样，以便校正。"在这封信的附言中又以商量的口气提出："拙文约三万字，能否一次刊出，不要分两次?"

从 1983—1987 年，钱学森在《大自然探索》上发表了 5 篇文章，除上面提到的两篇以外，钱学森在其余文章的开头也总是称自己的意见是"初步认识""不一定正确"，发表出来是为了"抛砖引玉，以求教于同志们""请批评指正"等等。这当然不是客套话，而是真实地说明了钱学森谦虚好学的态度。

五、向"无名小卒"请教

钱学森从不把自己的观点强加于人，对别人的意见却十分尊重，不管你是谁，只要言之有理，他都虚心接受并主动求教。这里，仅举两个钱学森向"无名小卒"请教的例子。

一是在《大自然探索》1985 年第一期"自然辩证法"栏目中，发表了一篇《中国古代物理中的系统观测与逻辑体系对现代物理的启发》，作者查有梁当时是四川省社会科学院

的青年学者,40来岁,可以说是“无名小卒”(曾任四川省社科院人才智力开发研究所所长,现任四川省社科院学术委员会副主任)。钱学森看了这篇文章,于1985年3月17日给作者写了一封信,信中说:“拜读您的文章,深受教益,但您在(文章中提到的)前几年黄山天体物理学术会议上的论文未能找到学习,是个遗憾,不知你手头可有复印本?如有请赐寄一份,我将十分感谢。”信的最后说:“我很同意你的看法:决定论总是一定条件下的决定论,几率论也总是一定条件下的几率论,你对D. Bohn的理论有什么看法?请教!”无须多加说明,我们读了这封信,怎能不敬佩这位大科学家礼贤下士、虚心好学的精神。

再举一个例子。1986年1月,钱学森向《大自然探索》推荐一篇文稿《气功开发智力与智力层次初探》,钱学森在给编辑部的信中说,他认为这篇文章“颇有新意”,读了“颇受启发”,建议编辑部考虑采用。这篇稿子的作者是安徽省宿松县一名中学教师,文章写得较长,文字也不够通顺,打印稿的一些字迹也不够清楚(后经作者修改后发表在《大自然探索》1986年第3期上)。钱学森当时已75岁高龄,工作又十分繁忙,看这些原稿的吃力程度是可想而知的,但他仔细阅读,发现其新意,重要的地方还标注出来,并向编辑部推荐,钱学森这种对党忠心耿耿,关心新生力量,对发展和繁荣我国科技事业无私奉献,勤勤恳恳的高贵品德,值得我们年青一代认真学习!

要繁荣科学事业,就必须经常交流学术经验,交流研究成果,探讨不同的学术见解,活跃学术氛围。科学研究是一项探索性的工作,艰巨而且复杂,往往不可能一次成功;要判断一种理论、一种观点、一种设想是否正确,往往需要经过不断实践,反复试验,有时甚至需要几代人的努力,才能解决。因此,在科学研究上,必须提倡自由讨论,畅所欲言,各抒己见,同时要互相尊重,互相学习,共同提高。科学研究是老老实实做学问的工作,在学术交流中一定要坚持理论联系实际,坚持实事求是的优良学风。

第六十四章

开放的大协作精神

1991年12月11日，钱学森在“钱学森系统科学与系统工程学术思想讨论会”上，有些兴奋地讲到：“刚才6位讲的，我坐在下面听，觉得讲了好多钱学森的事，对我来讲也是新闻，我干了这些事，我想这道理在于实际上说的这些都是我们集体的工作，因为，如果我没有跟同志们在一起，受到同志们的工作和意见的启发，那么我也不可能说你们说的这些意见是我钱学森的，这一点我不是在这儿讲客气话。我在今年10月16日被授奖时，我也是从心里头讲，我做的这些工作都是大家的、集体的工作，我要没有大家的帮助，那我钱学森什么也做不出来。我想科学技术到今天，这恐怕是实际情况。我们做科学技术工作的人，一定要深刻地认识这一点，没有单个人可以干出开天辟地的事，都是大家互相帮助、互相启发，我们才得到一些新的概念，工作才能够取得胜利。所以，这一点请允许我再强调一下，这是我心里话，不是客气……当然也有我的一份，但是实际上是钱学森加大家。”钱学森在很多场合非常尖锐地批判中国封建社会遗留下来的“文人相轻”的坏习气，各守一摊的“小炉匠”做法。他倡导的“献身、创新、求实、协作”的科学精神和坚持真理，诚实劳动，亲贤爱才、密切合作，既是队伍建设又是学风建设的要领。

一、科学合作是科学家取得成果和人才成长的重要因素

讲科学是人类的一种社会活动，很大程度上是从科学社会过程的合作现象说的。近代大工业的动力——蒸汽机就是由英、法、德三国

科技人员和技术工人共同创造的结果，恩格斯称它是"第一个真正国际性的发明。""科学管理之父"弗雷德里克·W·泰勒(Frederick Winslow Taylor)也说："现在，我们已经踏入真正合作的新时代的槛了。任何人可以不依靠别人的帮助而独闯天下取得成就的时代正在迅速地消逝。"科学进入国家规模后，科学已成为一种产业力和实力，需要国家出面协调，科学合作的深度和广度也达到了新的阶段，这已是不言而喻的事实。

科学合作可以导致科学生产率的提高。科学史表明，合作的科学家是高产的。美国著名科学计量学创始人 D·普赖斯在《小科学，大科学》一书中指出，根据他引用的资料说明，一个科学家的第一篇论文如果是与人合作完成的，那么他完成第二篇论文的可能性，就高于独自完成第一篇论文的科学家。前者完成第二篇论文的可能性是 80%，而后者就使这种可能性下降为 50%。普赖斯进一步指出，科学合作的论文的发生率一直在稳步增长，而且合作撰写论文的趋势越来越明显。从本书第四篇钱学森著述索引中完全可以证明普赖斯的结论是正确的，有学者评论：钱学森在走上国际著名科学家之前他的大多数论文都是与其导师冯·卡门联名发表的，冯·卡门每有重要论文发表，钱学森的名字必然紧随其后。其实，钱学森归国以后的许多重要论文也是和他人合作完成的，比如关于系统工程的里程碑性的文章——《组织管理的技术——系统工程》(与许国志、王寿云合作完成)，关于系统科学的重要文章——《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》(与于景元、戴汝为合作完成)等等。

赵红州教授在《论实验技术装备在科学研究中的地位》(原载《科研管理》，1983 年第 3 期)一文的第四节"我国实验室现代化问题"中针对我国关于实验技术装备十分落后，我国关于实验技术装备的管理更落后的状况提出了两条建议。赵红州注明："这些建议都是钱学森教授的思想。在笔者与钱学森教授通信中，他曾多次谈到这一点。"

《百科知识》1985 年第 1 期发表钱学森与朱嘉明《关于"国民经济结构学"问题的通信》所加的编者按说："著名科学家钱学森教授去年曾给一位年青的经济学工作者朱嘉明同志写信，对后者的一本著作提出了自己的看法，希望与他进行讨论。这件事，不仅使朱嘉明同志本人，而且也使知道此事的其他同志受到教育和启发。钱学森同志提出的几个问题，对于经济学，特别是宏观经济学的研究来说，是很有理论和实际意义的，值得经济理论工作者深入探讨。这一点，朱嘉明同志在回信中也表示了很好的见解。作为一位知名的老科学家，主动热情地鼓励一个他从不认识的青年科学工作者，以平等的身份同后者讨论学术问题，这种精神也是十分可贵的。老一辈学者的支持和教导，对青年人的成长是多么的重要啊！"

钱学森这种把新的学术见解和好的科技建议无私地送给年轻后学的做法，和许多学者生怕别人抢走自己的学术观点形成了鲜明的对照。

科学合作还能提高科学研究的质量，这是因为合作者能使不同学科的科学家在知识、能力等方面互补，形成最佳的科学劳动结构。例如超导理论，曾经有 5 位诺贝尔奖金获得者分别单独研究过，但都失败了。后来，精通固体物理的巴丁，和熟悉量子场理论的库波以及擅长实验技术的施里弗合作，终于获得成功，三人共享诺贝尔奖。根据美国科学社会学家 H·朱克曼统计，诺贝尔奖获得者的研究成果，大多是通过不同形式的集体

合作取得的。在诺贝尔奖设立后的头25年,合作进行研究而获奖的人仅占总获奖人数的41%;在第二个25年,上升为65%;在第三个25年,则为75%。科学合作这种社会过程,正在成为制约科学研究取得成果的重要因素。一个良好的科学群体,必须是能够互补、形成梯队的优化结构。

科学合作这种社会过程还有利于科技人才的出现和成长。具有不同素质和专长的科学人员的结合,能产生一种所谓思维的"链式反应效应",从而诱发出个人在通常情况下不能产生的创造力,形成智力的"叠加"和"重组",出现人才群落现象。师生之间的合作,科学共同体中不同能级科学家合作就是这种情况。英国剑桥大学卡文迪许实验室和汤姆逊、卢瑟福以合作形式进行研究,共同培养了17位不同国籍的诺贝尔奖金获得者;比奥(Biot,J. B.)是19世纪初期法国最权威的科学家之一,但他的地位的升迁,是从他写信给拉普拉斯(Lapalace,P. S.),愿意校对《天体力学》一书开始的。尔后由于经常合作,在拉普拉斯的提拔下,才进入了巴黎科学院,并成为伦敦皇家学会的成员。冯·卡门-钱学森,钱学森-宋健等科学家的合作在国际科学界也是被广为称颂的。我国科学界的华罗庚-王元、苏步青-谷超豪,以及唐敖庆-江元生等的合作也是如此。

二、发扬学术民主,坚持大力协作——钱学森的科学大协作精神

1987年2月,钱学森在中国科协三届二次全委会上的工作报告中指出:"要发扬'献身、创新、求实、协作'为主要内容的科学精神。我们要鼓励科技工作者的个人首创精神,同时也强调发挥团结协作的力量。我们现在所遇到的科学技术课题,许多都是大科学的课题,没有社会主义的大协作,没有在科学思想、知识结构和专业特长上的合理结合,要完成攻关任务是困难的,因而坚持门户之见、嫉贤妒能、排斥异己是有害的。我们还要提倡扎实、严谨的学风,一是一,二是二,不夸大,不缩小,要能经受科学考验。"

发扬学术民主,坚持大力协作,是钱学森组织科学攻关惯用的基本方法。钱学森对这一方法的运用艺术达到了一种令人赞叹的程度,特别是在重大技术攻关的关键时刻,他总是以一种高超的手法运用这一方法攻克难关。比如,在我国导弹事业的草创时期,为了突破技术难关,每个星期天的下午,他总要把导弹各系统的总设计师请到自己家里讨论一个个关键技术问题,在这种非正式的讨论会上,大家畅所欲言,不仅统一大家的认识,解决了许许多多技术理论问题,还增强了彼此合作共事的密切关系。当年参加钱学森主持的讨论会的同志回忆起当时的情景都是那么愉快,真是令人羡慕。发扬学术民主,坚持大力协作,在钱学森的方法论中也属于最高层次的内容之一。

在我国航天科技事业的发展过程中,遇到过许许多多的科学技术难题,有些课题的研究范围远远超出一两个研究所,甚至一两个研究院的工作范围。比如洲际导弹的弹头防热设计与实验鉴定问题,导弹命中精度分析与平定问题等,都是由钱学森亲自组织跨部门的任务协同组织来攻关的。钱学森以他渊博的学识和在科学技术领域的崇高威望,能够组织起包括中科院有关院所、国防科工委测量通信总体所、导弹试验基地和航天系统所有相关研究机构来共同攻关。在这些关键性课题的攻关过程中,钱学森发挥着组织

攻关、技术指导和技术决策的重要作用，他的作用在当时是无人能够取代的。

1982 年 5 月，在北京召开的中国力学学会第二届理事会扩大会议开幕式上，钱学森强调指出："力学工作者不能单干，必须彻底了解自己工作的对象，了解设计。所以力学工作者要与工程技术人员密切配合，大力协同。"1982 年 7 月在北京"系统论、信息论、控制论中的科学方法与哲学问题学术讨论会"上，钱学森应邀作了长篇报告，在报告一开始便讲道："首先我想说明的，就是我能够讲这些东西绝不是我一个人努力的结果，我要讲的这些观点差不多都是跟今天在座的许国志讨论过的。和我讨论的还有国防科工委的王寿云同志，还有从前跟我共同署名写过文章的，像国防科委情报所的柴本良同志，中国社会科学院的乌家培同志，清华大学自然辩证法教研组科学方法论小组的魏宏森同志、刘远亮同志、寇世琪同志、范德清同志、姚慧华同志、曾晓萱同志在一年多来也和我研讨过多次。其他还有跟我通过信的同志，我自己也数不清有多少，恐怕不下百人，在座的恐怕就有。也就是说，我今天能够讲一些东西，都是这么一个集体共同讨论磋商的，是我接受大家教育的结果。我想强调这一点，因为现代科学技术里面，很难说哪一个人能够独立来作出什么贡献，都是集体的；现代科学技术的研究工作都是社会化的。"（《系统理论中的科学方法与哲学问题》，清华大学出版社，1984）。钱学森以他自己的亲身体验阐明了现代科学技术研究工作的特点，同时，也向世人展现了钱学森的科学大协作精神。

钱学森说过："任何科学研究都是一项社会活动，必须有集体间的交流和研讨，而今天这种交流和研讨已经发展到了全球性的规模。所以我们也要注意与世界各国同道进行交往，在这方面的活动中我们要有一个清醒的估计，我们自己的长处在哪里，而我们的短处又在哪里，以便有针对性地开展交流。"他特别强调指出："总起来说，我们在认识到我们的短处的同时，千万不要忘了我们的长处，不要犯战略性的错误。"

钱学森的事迹证明，科学家的成功，除了个人坚持不懈地勤奋努力之外，还要靠众人的智慧和协作。马克思指出，科学研究"这种劳动部分地以今人的协作为条件，部分地又以对前人劳动的利用为条件。"牛顿说过："如果说我看的更远，那是因为我站在巨人们的肩上。"爱因斯坦说："除了许多个人无私的合作，就得不到真正有价值的东西。"波尔认为："所有科学的进步取决于合作。"

现代科学技术既高度分化又高度综合，趋于整体化。科学技术工作社会化了，重大科研课题都具有综合性，使个人的知识和才能难以适应，需要不同领域的专家通力合作，乃至得到社会的支持。合作研究的集体已日益成为科技工作中的主导力量。现在西方国家都强调科研合作和群体意识的修养问题。协作精神和群体观念是合作研究的精神支柱。集体主义更高的群体观念，是社会主义协作的思想基础，个人主义已不适合当代科技和经济的发展。社会主义国家的科技工作者应自觉地以集体主义作为行动的准则，实行广泛的科技协作，以促进科学技术的迅速发展。

当然，提倡协作和集体主义，绝不意味着否认个人的作用。群体总是由个人组成的。没有科技工作者个人的独立钻研，自由思考，没有各个科技工作者的积极性与创造性的发挥，这样的群体是软弱无力的，是难于取得成果的。现代科技成果既是集体协作的结晶，又是集体中个人努力的贡献。在集体协作中，个人的特长才能得到充分的施展，个人

的不足才能得到弥补，发挥群体优势，取得成功。科学家，特别是当代科学家的创造活动，揭示了现代科学技术靠“合力取胜”的规律性，促使人们培养群体观念和协作精神。

三、做学问要博采众长；敢于否定自己、敢于创新；解放思想与严格的科学态度相结合；科学是不断完善、不断前进的

钱学森在一次学术报告会讲道，不要以为给你送来一篇群众来信式的材料，认为实验做得不那么严格，结果就把它放开，别看了。我说还是看一看，因为毕竟是做了，是一种观察，这种观察可能不那么严格。那好吧，你就看看他做的什么东西，至少你还可以提供你认为的严格，再做下去，不要以为这个工作不严格，我就根本不考虑。一个人做学问，不要太死心眼，固定在哪个方向上，还是要博采众长。从我当年做学问时有一条教训，假如我的研究工作碰了壁，最好的办法是从头干起，不要在原来的道路上留恋，越留恋越上当，因为那条路是错误的。我们千万不要死守一个想法，而要眼睛睁开，耳朵支着，要接受各种信息并加以分析，当然我们不能道听途说，都相信，听了以后要反省，但不听是不对的。我们有些研究人员常常陷入一种固定的方法，不去吸收新的东西。总认为固定的、从前的方法是靠得住的，而新鲜的东西有点靠不住。据我看，这种研究方法在全世界也是不好的经验，一个活跃的研究单位，要有创新的东西，敢于跟旧的东西脱钩，用新的观念。

希望大家认真学学这方面的东西，劝大家既要解放思想，要听新的东西，要敢于吸收新的东西，当然又是严肃的科学态度。科学是不完善的，如果科学真是完善的，那就没有科学研究可做了，今天的东西就是昨天的东西，昨天的东西又是前天的东西，都是老一套了。科学是在不断前进的，我这么简单地说，大家都会说那当然啦，可是大家想想，同志们脑瓜里是否有过去学到的东西，看到的东西，听到的东西，把同志们框住了。

1990 年，钱学森在担任中国科协主席期间决定设立“中国科协优秀建议奖”。设立该奖的宗旨是为表彰广大科技工作者认真贯彻党中央国务院关于科技工作的方针和政策，投身全面建设小康社会，为促进经济建设、社会发展、科技进步提出建议的积极性，促进民主、科学的决策和执行程序的建立和健全，促进社会主义市场条件下宏观调控体系的建立和完善。该奖设立优秀建议一等奖，优秀建议二等奖和优秀建议伯乐奖。截至 2005 年，“中国科协优秀建议奖”已评选五届，在科技界受到广泛好评。

四、用科普方式宣传我们的学术观点

1985 年 4 月 29 日，钱学森在一次学术报告会讲道，我曾几次建议同志们写一点科普性的东西，好像同志们不大愿意写这种科普性的东西。我们宣传宣传嘛，因为我们正确的观点要宣传。我们的工作要得到支持，就必须克服形而上学的观点，怎么克服呢？宣传嘛，做教育工作嘛。咱们所要得到支持，你要克服不了这个，就得不到支持。

我最近老说，关于系统工程，我就是做宣传工作，我从来也没有往上打过一个报告，说系统工程如何重要，请你支持，没有！从来没有过，我就是做宣传工作，1978 年底开始，大概宣传了 5 年，灵了，最近大家不是看到了吗，连我们的政协主席邓颖超同志在政协开

会的最后讲话里都有系统工程啦。同样，我们这儿的正确观点，你得宣传……我们是社会主义民主，我们工作是靠向人民、向广大干部宣传你的真理，才能得到支持。大家应该把精力更多地放在做必要的宣传工作，这不仅仅是应付当前的问题，而是长远的，在我们社会主义国家，你有真理，就一定要宣传。

"文化大革命"刚一结束，钱学森便在《红旗》杂志著文呼吁："全国更应该有分工和分级而又协同的科学技术网。这个队伍要包括大专院校、中等学校的教师学生，也要包括广大工人和农民。要在已有的基础上，大力发展科学技术协会和专业学会等群众性组织，作为国家科学机关的助手。"（《红旗》杂志 1977 年第 7 期）这对恢复在"文化大革命"中遭到严重破坏的各种专业技术学会，协会的工作起到了拨云见日的作用。

大力协同，是现代社会化大生产条件下科学技术发展的内在要求和必然趋势，是社会主义制度能够集中力量办大事优势的突出体现，也是"两弹一星"取得成功的宝贵经验。国防科技尖端项目，涉及许多交叉的科技领域和工业经济部门。正因为如此，1958 年 8 月 28 日下午，毛泽东同志在听取钱学森和钱三强两位著名科学家汇报国防科技工作时，钱学森从现代科学技术的特征出发，当面向毛泽东主席提出"要组织全国大协作"的开拓性建议。稍后毛泽东主席在罗瑞卿同志关于国防尖端科技的一份报告上批示："要大力协同做好这件工作。"为此，中共中央成立了以周恩来总理为主任的中央专门委员会，集中统一领导国防尖端事业。

特别令人尊敬的是钱学森身体力行地抛弃了"文人相轻，同行相斥"的世俗陋习，而大力倡导"文人相亲，同行相助"的一代新风，并在实践中升华为人员之间、系统之间、单位之间、军地之间的大力协同、集智攻关的精神。在航天领域设计研制中总结出："有问题共同商量、有困难共同克服、有'余量'共同使用、有风险共同承担"的经验。

17 世纪以来，资本主义生产的发展，大大促进了自然科学繁荣。由于生产对科学的要求愈来愈高，科学劳动的复杂程度，也越来越大，一个科学家很难不依靠别人的协作，独立地完成一项重大的科学发明和创造。著名物理大师牛顿，如果不借助于法国天文学家皮卡尔关于地球半径的精确数据，就不能完成万有引力的计算。科学劳动非常需要科学工作者之间和社会上的智力协作。

第六十五章

热心扶植后学的人梯精神

人们记得，钱学森有过这样一段感人肺腑的谈话：“如果一个科学家的生命属于科学，就应把自己的生命过程使用得更有效力，更精细，更有韧劲。一个科学家的生命当说已经不属于自己，他应该属于创建科学的巅峰。不妨把科学家的生命看成是前人创造者的继续。科学家总是登着前辈的肩头攀缘，而自己，往往又成为后人的人梯。”钱学森用了几十年的精力和心血，开创了我国航天科技事业的前进道路，推动了我国火箭、导弹事业的迅速发展。钱学森是我国航天、火箭、导弹事业的拓荒者和奠基人。他在为中国的航天事业创业、奠基的同时，又哺育和培养了一代又一代的航天英才。

钱学森一再倡导在我国科技界要培养帅才和将才，他热心为科技人员服务，热情扶植和培养青年科技工作者。几十年来，在全国各地和各个行业，得益于钱学森帮助和扶持的青年学者和科技人员，难以数计，这在作者已经出版的另一本书《钱学森的情感世界》(四川人民出版社，2002 年)中已有所记述。这里略举数例以见其精神。

一、胸怀博大，诲人不倦，甘当人梯

2001 年 10 月 20 日，中国人民解放军总装备部党委发出《关于向“人民科学家”钱学森同志学习的通知》，在谈到“要学习钱学森同志诲人不倦甘为人梯的高贵品质”时说：“眼界宽阔，胸怀博大，是科技工作者崇高思想境界的集中体现。钱学森同志始终认为，他的知识属于中国人民，他的科学成就属于中华民族。几十年来，钱学森同志以很大的精力关注我国整个科学技术事业，在坚持‘献身，创新，求实，协

作'的精神、倡导'坚持真理，诚实劳动，亲贤爱才，密切合作'的职业道德、宣传'科学技术是第一生产力'的思想、普及科技知识、弘扬科学精神、维护科技人员的权益等方面，做了大量工作。他热心指导年轻科技人员，提倡学术民主，开展平等讨论，满腔热情地扶植培养和大胆启用中青年科技工作者。我们学习钱学森同志，就是要像他那样，把知识作为国家和民族的共同财富，加强团结协作，凝结集体智慧，齐心协力攻克武器装备建设中遇到的各种阻碍和难关，确保我国国防现代化事业长盛不衰。"

居里夫人有一句名言"在科学上，我们应该注意事，不应该注意人"。许多卓越科学家认为自己是"站在巨人的肩膀上"。同样，要给年轻人当"人梯"帮助他们攀登科学高峰。钱学森在这方面为世人树立了一个楷模。

20 世纪 50 年代，钱学森的名著《工程控制论》出版后，被国际公认是这门新技术科学的奠基著作。20 世纪 60 年代后，在钱学森的主持和亲自指导下，由宋健等中青年科学家对该书进行了修订工作。修订本出版时，钱学森明确提出，这本书宋健劳动最多，应署宋健主编，不要署他自己的名字。出版社和宋健等同志考虑到原著是钱学森，因此署上了钱学森和宋健的名字。1982 年 2 月 17 日，举行全国优秀科技图书颁奖大会，《工程控制论》(修订版)是获奖书目之一。钱学森却没有到会领奖，他坚持让别的同志出席授奖大会，真诚地把荣誉让给了中青年。

20 世纪 70 年代后期，钱学森支持宋健等人研究人口控制理论，并把他们的研究成果，亲自推荐给当时的陈慕华副总理、王震副总理等。20 多年后，已经是国务委员兼国家科委主任的宋健院士在《控制论和系统科学与中国的缘分》一文中写道："这个预测结果震惊了科学界和政治家们。钱学森看到后很高兴，热情地把这份报告推荐给当时的陈慕华副总理，受到国务院高度重视。王震副总理专门约见报告作者，询问情况，并希望研究一个方案，使中国的人口降到 3 亿左右就更好。许多人读了这份报告后建议中国应该采取一对夫妇只生一个孩子的人口政策(TFR = 1.0)。"宋健院士后来还说，"这事不管怎么样，我想钱学森对这事的敏锐，他的支持，他的热情推荐也是有关系的。我当时也只是在一个研究所当研究员，任七机部二院副院长，也见不到中央领导，多亏钱老看问题深刻，把研究成果送中央，得到重视，我们感到不胜荣幸，对钱老很感谢。"诚然，如果没有钱学森的推荐很难说这项研究成果那么快就会被政府接受采纳。

钱学森一贯重视并积极培养我国空间技术人才。1963 年 9 月，钱学森连续半年多指导原上海机电设计院 4 位年轻科技人员的专业课程，并带领他们参加其他学术活动，原上海机电设计院 1964 年初以他们为骨干成立了卫星技术研究室。

在组建中国空间技术研究院之际，钱学森大胆启用和培养年轻人才，推荐年仅 37 岁的导弹总体设计专家孙家栋出任第一颗人造卫星总体设计和卫星总体设计部的技术总负责人。在钱学森的指导下，孙家栋与钱骥、杨嘉墀、王希季等专家和闵桂荣、戚发轫等众多青年科技人员经过艰苦奋斗，完成了我国第一颗人造卫星的研制和发射任务，在实践中培养和造就了我国第一代人造卫星技术专家群体。

20 世纪 70 年代，钱学森帮助一名新手在生物控制论方面作出了成绩，当报刊报道这件事时，钱学森不同意提到自己的名字，甘当"无名的指导者"。作为一代科学大师，钱学

森的美德还可以列举出很多很多，但其核心都是不求个人名利。要用钱学森自己的话来讲就是，作科学研究，是为了人民的利益；作科学研究，是为了人类的文明进步；作科学研究，单靠一个人单枪匹马、闭门造车是不行的，需要摆正个人与集体的位置。为什么搞科技工作？怎样搞科技工作？这就是科研道德的核心问题。

钱学森认为科学技术事业是一个需要年轻人的事业，应该不断向青年人介绍科学研究的成果和方法。他乐观勤奋，豁达开朗，有幽默感，直到晚年还保持一定的"童心"。这使得他很容易接近，成为一个受欢迎的人物。他尊重青年人，决不挫伤他们的积极性，鼓励他们提出自己的看法，而且虚心向青年人求教，敢于向他们承认自己的错误，不怕在青年人面前暴露出自己的缺点。

1991 年，国务院、中央军委授予钱学森"国家杰出贡献科学家"称号后，10 月 20 日《光明日报》发表了中国运载火箭研究员部分科研人员的谈话。该研究院科学技术委员会主任、有突出贡献的专家李一鸣深情地说，钱学森是中国导弹、火箭技术的元勋。中国航天事业创建时，只有一百多名大学生，二十几名研究人员。在大家都不懂导弹技术的情况下，钱老在组织领导研究开发工作的同时，亲自给大家系统讲授《导弹概论》等知识，亲自抓业务学习。那时，从发展规划、目标任务、预先研究到组织体制、机构设备等等，钱老都花费了巨大的心血。

新任"长征三号"运载火箭总设计师、有突出贡献的专家范士合回顾了钱学森研究确定"长征三号"氢氧发动机低温技术研制方案所表现出的胆识，对钱老表示由衷敬佩。他说，35 年来，我国航天事业从无到有，由小到大，都与钱老打下的扎实基础直接相关。

被钱学森亲自点名调到航天战线的老专家郑元熙激动地说，钱老对技术方向抓得准，技术关键抓得狠。我从钱老身上学到了许多东西，我能够取得点滴成绩是与他当年的指导与教诲分不开的。

1958 年，由苏联莫斯科精细化工学院毕业回国投身于航天事业的专家王曼霞回忆了钱老对航天材料工艺工作的关心、指导和支持。钱老曾经风趣地说："炒菜必先备好料，不能什么都没有，就想现炒现吃。材料工艺一定要搞好预先研究，让设计去挑选。"根据这个指导思想，我们解决一批又一批预研课题，攻下一个又一个工艺难关，保证了导弹、火箭顺利上天。

高级工程师高仲华是 1956 年航天事业创建时最年轻的一名大学生。他回忆道："当时我对导弹一点儿也不懂，是钱老手把手地教我。有一次，我设计上出了差错，钱老不仅没有批评，反而用幽默的语言启发引导我。当年我才 22 岁，35 年过去了，可这件事我总是忘不了。"

高级工程师米克勤从事航天事业 30 年来，一直把钱老视为楷模。她回忆 20 世纪 60 年代一次到西北戈壁发射靶场执行任务与钱老接触时的情景，激动地说："在当时很艰苦的条件下，钱老始终和大家打成一片，发射前领着我们多次进行'事故预想'，工作周到细致，从而确保了这次导弹发射的成功。"

在航天事业创建 35 周年前夕被评选为"航天十佳科技青年"之一的青年高级工程师张庆伟感受最深的是钱老崇高的民族气节，认为这对年青一代科技工作者是最有启发和

教益的。他表示，要继承和发展以钱学森为代表的老一辈科学家所开创的事业，努力接好航天科学技术班和航天传统精神班，使我国航天事业在世界上占有重要的一席之地。

二、严于律己、谦虚谨慎做人，高瞻远瞩举贤才

人民的科学家钱学森，之所以受到人民的爱戴和尊重，不仅在于他为我国国防科学技术事业作出了巨大的贡献，而且也在于他严于律己、谦虚谨慎做人的崇高品德。他在几十年从事的科学技术研究工作中，对其部下工作中出现的缺点和错误所进行的人性化的批评方式方法，更值得我们学习和借鉴，让我们从中得到了许多的启示。

2005 年 10 月 12 日，《光明日报》刊登了孙家栋院士访谈——《钱学森：中国航天之父》一文中，其中介绍的钱学森几次批评人的生动故事，读来非常地受感动。文章说，由于钱学森是世界知名科学家，起初，他的下属向他汇报工作时，心里总有点紧张。但他表现得很和蔼，总是笑呵呵的。他很少直接批评下属，总是进行启发式教育。有一次开会，天气比较冷，门窗都关着，有人抽烟，其他人就呛得咳嗽。他什么也不讲，站起来打开门窗，冷气一吹，抽烟的同志这才发觉不妥，马上把烟熄灭了。

令孙家栋院士终生难忘的还有这样一件事。上个世纪 60 年代后期，我国自行研制的一种新型火箭即将运往发射基地。其中惯性制导系统设有一个平台，要装四个陀螺。这四个陀螺都是一批生产的，按常理说只要能装上第一个，其他三个也应该没问题，可是，在总装车间装上第一个后，没想到了发射场安装时，那三个怎么也装不上，当他向钱学森报告后，钱学森不仅没有批评他，反而告诉他们仔细研磨后再装。工人师傅们从下午 1 点工作到第二天凌晨 4 点，钱学森一直陪到凌晨 4 点。事后孙家栋说："他虽然没有批评我，但他那种无声的力量使我感到比批评更严厉。从此，哪怕一点事我都认真办，不敢有丝毫马虎。"

钱学森在搞科学实验活动中，一般情况下不仅不直接地批评下属，还敢于负责，勇于替下属承担责任。一次，新研制的一种导弹在发射实验时失败了，经分析，主要原因是发动机和控制系统出了问题，与总体设计和协调不够有关。下边的人压力很大。钱学森看到他们灰溜溜的，就主动给他们减压，并深情地说："如果说考虑不周的话，那先是我考虑不周，责任在我，不在你们，你们只管研究怎样改进结构和实验方法，大胆工作。"他还鼓励大家大胆发表意见，并且诚恳地说："你们的建议如果成功了，功劳是大家的；如果失败了，大家一起总结教训，责任由我来承担。"

那么，钱学森为什么不轻易批评下属，而又总是鼓励下属大胆工作呢？这首先说明，钱学森虽然带领大家搞科学技术实验工作，但他更懂得运用马克思主义的政治思想教育人的工作，自觉地把科学与政治结合起来，进行人性化、以人为本教育和管理。可以说，能进入"两弹一星"领域里从事研制工作的人员，都是我国的精英人才，他们是具有较高综合素质的人员。对这些高素质的精英人员的领导和管理工作，就不同于普通的工人的领导和管理，就应该多运用启发式的行动和语言，教育大家，启发大家，鼓励大家，让大家集中精力，增强信心，全身心地投入工作当中，不会因不当的批评方式方法而影响大家的思想情绪。

其次，钱学森深深懂得，搞科学实验工作，非同于其他简单地体力劳动工作，失败和失误是在所难免的事。在科学实验活动中，只要同志们尽心尽责了，不是敷衍搪塞不负责任的，不管发生什么样的不幸的事情，也不能向下属发火，更不能动不动就责怪下级。要鼓励下级，总结经验，从中吸取教训，以利把工作做得更细、更实、更好。如果一遇到失误或失败，动不动就责怪下级，批评下级，无形之中很容易使下级背上沉重的思想包袱，就不能充分调动下级的积极性，不利于科学实验工作的开展。

另外，钱学森更懂得，我国的国防科学技术事业，是惠及全国人民和影响世界的伟大事业，是一项需要不断提高发展壮大的长期的重要工作。要使这项工作健康持久地发展、不断提高，需要的不仅仅是提高科技水平，还需要提高科技人才的创造能力，培养有利于使科技人员健康成长的氛围。钱学森在组织领导国防科学技术工作中，能够长期的做到不轻易批评下属，在遇到挫折和失败时总是自己挺身而出，主动承担责任，从不责怪下属，他这是在用自己的言和行教育和影响其他领导者，一定要满腔热情地爱护科技人才，精心培养科技人才，千方百计让大批科技人才脱颖而出，早日挑起发展中国科学技术事业的重任啊！他不批评人，尽量少批评人，是为了培养人，多培养人，这才是真正的目的。他不批评人，勇于自己承担责任，是为国家的事业着想的，没有个人的任何私心杂念，绝不是怕得罪人、不敢批评人。难怪已 94 岁高龄的钱学森，2006 年 3 月 29 日在病房里与身边的工作人员进行的一次长谈中，还语重心长地说："我想和你们说说我近年来思考的一个问题，即人才培养问题。我想说的不是一般人才的培养问题，而是科技创新人才的培养问题。"你看，如今已是耄耋之年的钱老，在晚年最关注的不是科学技术上的问题，而是从事科技人才的培养问题。从钱学森这位人民的科学家身上，难道我们不应当得到些有利于使人才成长的启示吗？

2004 年 2 月 20 日，我国载人航天工程总设计师王永志，获得 2003 年度国家最高科学技术奖的消息公布后，13 亿中国人却相对有些平静。是的，被誉为"中国实现千年飞天梦想第一人"的王永志院士，以他 40 多年来在我国战略火箭、地地战术火箭以及运载火箭的研制工作中作出了突出贡献，特别是在载人航天工程中作出了重大贡献，获此殊荣，自然并不意外。"这是全体航天人的荣誉，我是代表他们来领这个奖的。"面对祖国给予科技工作者的最高荣誉，年过七旬、操着浓重东北口音的王永志说出了自己的心里话。

同"中国导弹之父"这位伯乐导师特有的情缘，1964 年 6 月，王永志第一次走进戈壁滩，执行发射中国自行设计的第一种中近程火箭任务。当时计算火箭的推力时，发现射程不够，大家考虑是不是多加一点推进剂，但是火箭的燃料贮箱有限，再也"喂"不进去了。那时 7、8 月份，天气很炎热，火箭发射时推进剂温度高，密度就要变小，发动机的节流特性也要随之变化。

正当大家绞尽脑汁想办法时，一个高个子年轻中尉站起来说："经过计算，要是从火箭体内卸出 600 公斤燃料，这枚导弹就会命中目标。"大家的目光一下子聚集到年轻的新面孔上。在场的专家们几乎不敢相信自己的耳朵。有人不客气地说："本来火箭能量就不够，你还要往外卸？"于是再也没有人理睬他的建议。这个年轻人就是王永志，他并不就此甘心，他想起了坐镇酒泉发射场的技术总指挥、大科学家钱学森，于是在临射前，他

鼓起勇气走进了钱学森的住房。当时,钱学森还不太熟悉这个"小字辈",可听完了王永志的意见,钱学森眼睛一亮,高兴地喊道:"马上把火箭的总设计师请来。"钱学森指着王永志对总设计师说:"这个年轻人的意见对,就按他的办!"果然,火箭卸出一些推进剂后射程变远了,连打三发导弹,发发命中目标。从此,钱学森记住了王永志。中国开始研制第二代导弹的时候,钱学森建议:第二代战略导弹让第二代人挂帅,让王永志担任总设计师。几十年后,总装备部领导看望钱学森,钱学森还提起这件事说:"我推荐王永志担任载人航天工程总设计师没错,此人年轻时就露出头角,他大胆逆向思维,和别人不一样。"

王永志院士曾满含深情讲道,1999 年钱学森 88 岁寿辰,他悄悄来到钱学森家。"我有过许多老师,唯有钱学森老师指导我一生。进入 90 年代,钱老身体状况已经不好,可他仍花许多精力去讲课,还不停地写信指导我们工作。载人航天工程立项后,钱老不仅提议我当总设计师,还专门写信给我,交代应注意的问题,使我深受感动。这一天恰逢他 88 岁寿辰,我说怎么也要通过什么方式向他报告一下,就是他所关心的载人航天的进展,所以在他生日这天,我去他家,但是我没上楼,交给秘书,送给他一封贺卡和一个'神舟'号飞船的模型。"

《中国新闻》1984 年 4 月 21 日,报道了钱学森在与山西省科技新秀张沁文合作的过程中,用自己甘当"人梯"的实际行动,树立了一个高瞻远瞩举贤才的楷模。

报道说,1957 年,张沁文被冤戴了一顶"右派"的帽子从南京林学院毕业,来到塞上高原的右玉县接受"改造"。尽管政治偏见者把这个有识之士弃之荒野,可是,他却像一颗生命力极强的种子,要破土而出。从 1957 年到 1962 年,张沁文作了大量的"物候"观察和记载,写成了《右玉县自然地理》。"文化大革命"前,他已经在全国性的报刊上发表了七篇论文和调查报告。1978 年冬天,他在研究农业发展客观程序的基础上写出了《农业系统工程 · 农事学》初稿。经过修改,于 1979 年 3 月 1 日以书信形式寄给自己所敬仰的钱学森,以求得指导。5 月 12 日,钱学森给张沁文复了一封热情洋溢的亲笔信,肯定了他研究农业系统工程的基本思想,指出了深入探讨的途径和改写意见。从此,这两位素不相识的"同道"结下了不解之缘,经常通过书信往来交流观点,研究学问。由于钱学森的重视和推荐,张沁文被调回省农业区划办公室专门从事研究工作。

1980 年 3 月 9 日,钱学森路过太原,在迎泽宾馆接见了张沁文,商量同他合作,为中国科协和中央电视台举办的系统工程普及讲座写《农业系统工程》的讲稿,并从观点的阐述,材料的选择,到文章的层次结构进行了认真研究。这天,钱学森在太原逗留的时间包括用餐在内总共只有 3 个小时,而和张沁文谈话就占去 1 小时 45 分。

钱学森希望在 3 月底看到张沁文写出的论文初稿,张沁文日夜兼攻,于 3 月 28 日提前交卷。下面是钱学森 4 月 7 日写给张沁文的亲笔信:

一、我认为来稿是可以的,表达了我们讨论中的论点,这些论点虽然有些新颖,但我看是对的,至少直到今天还看不出是错误的,那就提出来,让实践去验证吧。

二、名字改为"农业系统工程",简明些。

三、我坚持署名是你在先,我在后,说明问题是你最先提出的,而我只是后来同意了而已。文稿是你写的,我对稿子只作了删节,并未加添新意。一讲的

字数约8 000字。

四、现把文稿寄给你,希望你再仔细看看,观点有无不妥之处,数字准不准?要改就改在稿子上,不要再找人抄了。请于月底再退给我,我再看看。最后我这里打印,比较方便。

《农业系统工程》定稿后,张沁文几次三番提出署名应是某科学家在先,自己在后。而钱学森写信坚持说:"你的名字还是放在前面,也算是以姓氏笔画为序。当然还有以下理由。一、发明创造权主要在你,这在前信已谈过。二、我对我国现在流行于科学技术界的'老头子制'颇为反感!用这个机会表示一下,也是抗议这一不合理的东西。三、以你我的年龄论,你应居第一线,而我还有别的事,不能当农业系统工程的主力了。我希望你迅速前进!前次面谈,要你学外文,学运筹学,也是此意。当然,我将尽力相助,另封寄上我收集的一些报刊,供你参阅,也是此意。"

张沁文1980年6月赴天津讲学,钱学森约他返晋到京时再次面谈。这次在钱学森办公室外的畅谈,实际上是一位科学界前辈和一个后来者举行的一次交接仪式。钱学森在将自己从20世纪50年代开始收集的有关农业科学的57份报刊资料全部寄给张沁文之后,又把自己收藏的43套农业科学书籍送给他,期望他刻苦攻读,潜心探索,钱学森勉励他:"写出农业系统工程、农事学两部专著。我们的条件好多了,用15年该行了,以此作为你60岁的目标吧!能早日实现就更好了。总之,我希望你能下决心,下狠功夫!"

1980年10月5日,经钱学森推荐,张沁文在中央电视台播讲了《农业系统工程》。原计划这次讲座是由钱学森播讲,但是,他几次写信要张沁文播讲,信中写道:"《农业系统工程》一讲,还是请你来录像,已告电视台同志了。是有意'赶'你'上架',让你锻炼讲解的本领。有科学成就的人,其素养之一就是讲解有吸引力。"

三、真正关心和帮助后学才俊解决具体生活困难和改善研究环境

1982年12月,在全国人大五届五次会议上钱学森就"要关心中年知识分子的实际问题"作了发言。他说:"中年知识分子蒋筑英、罗健夫的确是知识分子的榜样,我也深为他们的崇高品德所感动,我一定要很好地向他们学习。但我在这个时候还要提出一个问题,就是我们国家还有成千上万的蒋筑英、罗健夫式的人物,他们是中国科学技术业务的中年带头人,是我们这些人的接班人,千万不要等他们死了才追认他们为英雄、模范共产党员。中年知识分子的一些问题,已经到了必须要解决的时候了!这关系到我们建设社会主义现代化国家的问题。当然中央讲了,报告上也写了。但要真正做到还要尽很大的努力。"钱学森说:"有一点他感触很多,他在美国呆了20年,回祖国也27年了。对比之下,他感到中国的科技人员确实不错,至少不比外国人笨。比外国人还多一条,就是热爱祖国,为祖国拼命干,夜以继日,这在国外是很难看到的。"他说:"我感到没有任何科学技术难题能难倒我们中国的科技人员,党和政府交给什么任务他们都能很好完成。"钱学森是这样讲的,也是这样亲身践行的。

上世纪80年代初,钱学森因研究思维科学发现了青年学者杨春鼎同志,当他得知杨春鼎自1978年调到离家20公里远的淮南师专任教之后,他的妻子便无法回乡劳动了,

一家四口人，仅靠杨春鼎每月50多元的工资生活，生活非常清苦，到学校上一次课来回40公里路，杨春鼎就是在这样困难的条件下从事思维科学研究的，他觉得我们国家太需要这样的人才了，为年轻的知识分子解决具体困难，是他义不容辞的责任。想到这里，钱学森立刻给他在中国科学院时的老上级、他的入党介绍人、当时担任安徽省委第一书记的张劲夫同志写了两封信，请他帮助解决杨春鼎的家庭困难。钱学森所做的这些杨春鼎是一点也不知道的。

张劲夫同志接到钱学森的信后，及时写了批示，由安徽省委办公厅转发给淮南市委。淮南市委、市政府接到省委书记的批示，很快破例给杨春鼎的妻子和两个孩子解决了户口农转非问题，淮南师专又为杨春鼎的妻子安排了工作，并分给杨春鼎两间住房。这一切都是在很短的时间内顺利解决的。然而，直到学校通知杨春鼎迁户口、搬家时，他才知道事情的原委。钱学森在与杨春鼎的通信中却只字未提。

20年后，提起这件事杨春鼎激动地说："钱老就是这样，虽远在千里之外，却默默地为我解决了后顾之忧！我可以有更多的时间和精力从事教学和科研工作了！"

四、向党中央、国务院、中央军委建议培养我国科技帅才和将才

在上世纪80年代末90年代初，钱学森向党中央、国务院、中央军委建议培养我国科技帅才和将才

钱学森不仅十分重视和支持年轻人的创新建议，而且非常重视锻炼年轻人。20世纪70年代后期制定第二代战略导弹的研制计划时，钱学森在领导干部会议上提出了第二代战略导弹的研制应由第二代人挂帅，由第二代人当总设计师的建议。他还发表文章提倡，不仅要大力培养年轻的学术带头人，更要培养科技帅才。我国载人航天工程的总设计师王永志院士说："我有机会长期在钱老的领导和具体指导下工作是我一生的荣幸。在与钱老的接触中我为他那渊博的知识、严谨的科学态度、民主的作风、不断开拓创新的精神、富有远见的技术见解和科学的组织管理思想折服。"

五、倡议设立"中国青年科技奖"

钱学森一贯认为，培养和造就一大批高层次青年科技人才，对提高国家核心竞争力和综合国力，实现中华民族伟大复兴具有十分重要的战略意义。为了大力加强青年科技人员培养力度，建立有利于优秀青年科技人才脱颖而出的机制，为青年科技人才成长提供"快车道"。为他们施展才华搭建平台，提供舞台，创造机会。1987年，时任中国科协主席的钱学森首先倡议设立"中国青年科技奖"。后经党中央批准，由中组部、人事部、中国科协主办"中国青年科技奖"，截至2004年已评选了八届，共有来自理、工、农、医等十几个学科的789名优秀青年科技工作者受到表彰。在历届获奖青年中有不少人已经作出了更大的成绩，进入了中国科学院和中国工程院的院士行列。目前"中国青年科技奖"在我国科技界已经产生了巨大的影响，树立起良好的形象。

我们应该以钱学森为榜样，牢记使命，不负重托，殚精竭虑，奋发工作，努力开创各自领域的新局面。

第六十六章

学术研究艺术之理论与实践并重

人们常说,实践是理论的源泉,理论是实践的向导。然而在具体的工作中、学习中、生活中真正把理论与实践结合起来,的确不是一件容易的事。其间还有许多值得深入研究的问题,需要搞清楚;还需要许多具体的方法才能做到。钱学森在这方面有许多独到之处,为我们树立了榜样。

一、科学研究要理论与实际相结合

1958年8月1日,钱学森在"中国力学学会常务理事会召开的传达科学规划委员会第五次扩大会议报告会"上,作了题为《争取力学工作的大跃进》的长篇报告,在这个报告中专门有一节——"理论联系实际"。他结合力学工作对理论联系实际问题作了比较全面地阐述。钱学森说:"怎么样才能联系实际,联系生产呢?我们认为应该到生产中去了解问题,应该到生产中去补课,应该和工程师一道解决生产中的问题,在这里,我们力学工作者决不能够斤斤计较问题内容的学术性,够不够世界水平,也就是配不配来研究,只要是生产中需要力学工作者来解决的问题,我们就应该做。""力学工作者的任务是参加到实际和生产中去,在其中发现力学问题,然后运用自己的力学理论知识和实际经验来解决它,从而在生产中贡献出自己的力量。我们所反对的是不从生产实践中去找研究对象,而不是要取消力学的工作,相反,我们还要利用力学已有的知识,积极地、大胆地提出改进或改造现有的工程技术。""根据我们的分析,在力学工作里有大、中、小或高、中、初各个类型的问题,它们在国民经济里都有重要的意义,我们决不能只

重一种类型的问题而忽视其他一种类型的问题。我们的方针应该是大、中、小相结合，高、中、初相结合。使用力量时要考虑全局，作适当的安排，不可偏废。我们强调大、中、小、高、中、初相结合，也是因为一个问题也不是注定了类型，一成不变的，本来是属于小型或初型的问题，进一步的要求就都推进到中型甚至'大'或'高'型的问题。"

"当然，我们说理论联系实际并不是说只要实际而不要理论。实际和理论是辩证地互相推进和发展的，我们从为了解决实际生产问题出发，把理论应用到实际中去，帮助技术向前迈进一步，而同时我们在实践中的体会使我们在理论的认识上又深入一层；而且实践中也会发现一些从前所不知道的问题，这就是发展和丰富理论的养料，理论因而得到提高；而提高了的理论有可以进一步推动生产实践。只有这样，理论才会不断发展，也保证了技术和生产的不断更新和提高。所以在联系实际的同时，我们也要发展理论，以及建立力学研究的新部门。"

钱学森在报告中还指出了理论联系实际过程中容易出现的一些问题。他说："在发展理论方面，我们还要提出同其他学科的联系问题。""理论联系实际是辩证唯物主义的哲学……就如学习苏联以及其他国家的先进经验，有人只会照着人家的一整套抄，如果资料不成一套就不会利用，更不会把人家的经验和理论结合我国实际情况，创造出中国自己的、中国风的科学技术。这就是迷信，是教条主义，是不会联系实际。在过去一个时期里，在力学工作者里面有片面强调理论，忽视实验，轻视生产问题的现象。其实这样的理论是空的，没有根子的理论，不是踏踏实实的理论。现在批判了这个错误，又有人认为联系实际就是做工人，做工程师，不要理论的研究和探索，这又成为没有依据的实践，盲目的实践。也有人把住一个实际需要解决的问题，但不管实际的可能，异想天开地搞一通结果也是注定要失败的这也是不会联系实际。这些偏差和错误都是资产阶级学术思想在作祟，因此我们必须改造自己和努力学习辩证唯物主义，使我们逐渐真正体会体会什么是理论联系实际，那样我们才会把力学工作做好。"

从理论和实践的关系来思考必须坚持"结合"。理论和实践的统一，是"具体的历史的统一"；马克思主义与中国实际的统一，也是"具体的历史的统一"。毛泽东在《实践论》中，全面系统地论述理论与实践为什么要结合、为什么要统一，以及它们是怎样结合和统一的。他特别提出了"理论和实践、知和行的具体的历史的统一"重要观点。所谓"具体的"，即一切以时间、地点、条件为转移；所谓"历史"的，即这种统一是发展的、前进的统一，不是一成不变的。这是因为，真理不但是客观的、绝对的，而且是具体的、相对的。因此，理论与实践的统一，只能在一定的具体的有限的历史条件下才能实现。

1986年8月15日，在一次学术报告会上，钱学森讲道："我这个人往往是讲究实效的；我是搞理论的，理论联系实际，相信这一条。"谈到当时世界各国都在争赛人工智能和智能机研究时，他指出："这个工作我看是不健康的，因为理论没有多少人搞，有个权威人士如美国的巴克诺权威人士，竟公然说搞人工智能不需要理论，只要干就行了。这个观点是完全错误的，按马克思主义哲学观点，理论指导实践，人要改造客观世界得先要认识客观世界，认识客观世界就知道世界事物发展的客观规律，也就是理论问题。没有理论怎么能盲目去做人工智能工作，做智能机工作；当然，实践是必要的，没有实践就没有一

切；但是，实践当中就必须要总结经验，提高理论；然后用理论再来指导我们的实践，这样一个关系，怎么能说理论不需要呢？所以我觉得有些国外的人工智能、智能机的工作这些做法，至少有一部分人的做法是错误的，是不符合马克思主义哲学的，将来他们一定要碰壁，我们中国人因为有马克思主义哲学的最高概括的认识，来指导我们这个非常重要的21世纪世界争夺的人工智能、智能机工作，我们必须重视理论。”（《人体科学与现代科技发展纵横观》，379～380页）

理论与实践相结合的方法，是唯一正确的学习方法。技术人员学技术，一方面要向书本学习，一方面又要向实践学习。书本是人类知识和经验的结晶，认真地阅读科学技术理论和资料，才能把前人的研究成果继承下来，掌握我们还不会的东西，而又少走弯路。但是，对于一切科学技术理论，不论是中国的还是外国的，都必须拿到实践中去检验，并且根据丰富的实践经验加以必要的修正和补充。因此，技术人员既要经常学习科学技术理论，又要深入实际，联系群众，倾听工人群众的意见，总结工人群众的实践经验。

毛泽东说过：“知识分子接受前人的经验，主要是靠读书。书当然不可不读，但是光读书，还不能解决问题。一定要研究当前的情况，研究实际的经验和材料。”科技人员作科学研究一定要理论联系实际，既要有扎实的理论基础，又要在生产实践和科学实验中，锻炼独立进行研究工作和解决实际问题的能力，增长实际本领和才干。

这里首先需要弄清楚，哪些东西是可以从书本里学到的，哪些东西是不能从书本里学到的。早在1961年，钱学森就在一篇文章的开首处写道：“人类之所以能认识自然，从而改造自然是靠实践，实践是知识的源泉，但对一个人来讲，实践并不是取得知识的唯一方法，我们还可以学习前人和他人实践的总结，来加速取得知识。不然，光靠一个人去实践，不去学习前人和他人，一切都从人初生落地时的水平做起，那么就是辛勤劳动一辈子，所能达到的知识水平，恐怕还比不上一个小学生；因为就是二加三等于五那样的简单知识，你如果不学，那就非靠你自己总结千万次实践结果，把数的概念从事物中提炼出来以后才能得出这个规律。”钱学森还进一步作了具体说明：“学习他人是经验交流；学习前人主要靠读书，在学校里学习就是继承前人的经验。”

1985年6月17日，在一次学术报告会上，钱学森联系报告人的观点着重阐述了科学研究要理论与实际相结合的问题。他讲道：“报告人有一个观点，他说不能完全靠实验，还是靠理论，这个对，但理论跟实验是要结合的。要是理论归理论、实验归实验，我看最后理论也进展不了，实验也进展不了……理论必须与实验相结合，也就是理论要提出了做哪些实验，而这些实验又恰恰证明理论所预见的结果，那么，这个研究工作就前进了一步。即使实验把理论否了，那也好么，你再重做。就是理论与实验必须结合，不结合就没有用，我自己搞的一些实验，深切地感受到马克思主义的哲学说清楚了就是理论和实际必须结合。”“人从实际观察上升到理论，这个理论又要拿来检验下一阶段的实践。这样，反反复复地理论跟实际相结合，研究工作才能前进。”（《人体科学与现代科技发展纵横观》，277～278页）

1985年10月，在中国人体科学研究会（筹）召开的研究重点和研究方法讨论会上，钱学森旗帜鲜明地发表了题为《我们的研究工作要实验与理论并重》的讲话。他讲道：

“虽然在座的都是做实验工作的，我想理论工作也是很重要的。到底猜想合不合乎科学的道理？还是要靠理论工作。如果说是等离子体，需要在理论上加以证明，所以理论工作还是很重要的。这可以从现代科学来看一看，原子物理和高能物理研究都是实验工作与理论工作同时进行的，二者缺一不可。在这个问题上，恐怕我们队伍中少一些搞理论工作的同志。”

恩格斯说过：“一个民族想站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论思维。”爱因斯坦也说过：“科学不能仅仅在经验的基础上成长起来。”钱学森非常重视学术队伍的学风，学风严谨、正派、不是纸上谈兵。他要求学术带头人一定要深入实际亲自实干，钱学森在他所带领的科研学术团队运行模式的创新，完全不同于经院式的研究所，他完全适应国家建设的大背景。德国大诗人歌德说过：“生活是常青的，理论是灰色的。”

二、实践是正确认识客观事物的基础

钱学森把科学认识的实践基础，作为科学方法论的首要的基本原则。他认为，实践是创立理论、检验理论和发展理论的基础与标准，要揭示自然现象的本质、联系和规律，就必须在科学认识过程的实践基础上，把观察和假说、实践和理论、归纳和演绎、推理和想象等等辩证地统一起来。钱学森常说：“人认识客观世界是很不容易的，就是要通过大量的实践，首先要在我们的头脑中产生一个认识这个客观世界的概念，懂得这个大概的道理，然后才能顺利去认识，你的概念要是错的，你的认识就是错的，那就要犯大错误。我们也可以考虑到马克思主义的认识论，就是要靠人的主观来认识客观的，你这个主观要是不对头，客观就是认识不了。比如，社会主义精神文明建设问题就是这么个问题，事实早就摆在那儿，人就是认识不了。几十年的工夫，吃了那么大亏，然后才觉悟了，问题在 1979 年就提出来了(即叶剑英在建国 30 周年的讲话里第一次提出精神文明的重要性)，要等到 1982 年才写出 4 000 字的论述(指十二大报告里关于社会主义精神文明建设问题的论述)，这是一个非常大的进步。然后又要经过 4 年，到 1986 年才写出这个决议(指十二届六中全会关于指导社会主义建设方针的决议)。客观讲，人好像很笨，认识点问题好像很难。要变聪明点就是要掌握马克思主义哲学，即人是怎样认识客观世界这个问题，这样你自己就有点警惕性了，就不会自以为是，认为自己头脑里这套是对的，要考虑到可能是错的。我们如果真懂得这个道理后，人改造客观世界的能力要增加 1 万倍、10 万倍、100 万倍，到那时我们就是神了。”(《人体科学与现代科技发展纵横观》，395 页)

毛泽东多次引用过斯大林的一句名言：“离开实践的理论是空洞的理论，而不以理论为指南的实践是盲目的实践。”(《斯大林全集》，第 6 卷第 79 页)。爱因斯坦也说：“科学不能仅仅在经验的基础上成长起来。”没有科学理论指导的盲目的实践，不可能不走弯路，不可能不遭到失败。我们进行科学研究工作，必须从实际出发，以理论作为武器，去考察、研究和掌握实际的特点和规律，从而把实际概括提升为理论。应该指出，科学研究与实际需要结合，乃是一个由低级到高级、由部分到全面的逐步发展的过程，科技人员应该从实际条件出发，实事求是地循着这个方向前进。任何人在这条道路上企图“寻找捷径”或“一蹴而就”，都是不可能的。

作科学研究一定要亲自动手，亲自参加到科学实验中去，才能发现问题，做出成绩。马克思列宁主义的认识论告诉我们，任何理论都来源于实践，检验理论的唯一标准又是实践。自然科学的每一个发展都是和长期反复的科学实验分不开的。毛主席在《实践论》中说过："马克思、恩格斯、列宁、斯大林之所以能够作出他们的理论，除了他们的天才条件之外，主要的是他们亲自参加了当时的阶级斗争和科学实验的实践，没有这后一个条件，任何天才也是不能成功的。"为现代自然科学发展作出重大贡献的科学家，都是非常重视科学实验的。科学发展告诉我们，像牛顿和惠更斯这样早期的伟大科学家就已通过科学实验的方式对自己的理论进行验证。16 世纪意大利物理学家和天文学家伽利略就曾主张：研究自然界，必须对自然界进行系统的观察和实验。他认为，这是自然科学进入一个新阶段的重要标志。

1991 年 11 月 1 日，清华大学工程力学系刘清君等 15 名博士研究生致信钱学森请求对他们的工作、学习和思想上给予指导。1991 年 11 月 14 日钱学森在回信中说：

> 你们要我对诸位的工作、学习和思想提出建议，这使我很为难：(1) 我脱离工程力学工作已 30 年了；(2) 对清华大学工程力学系的现状不了解；(3) 对你们的具体情况也不知道。但不写回信也不对，下面只讲一个问题，供诸位参考。
>
> 我想工程力学系是必须理论联系实际的；一方面是精深的力学理论，另一方面是工程实际亟待解决的问题。你们必须以理论去解决实际问题，要得到在生产第一线工作的工程师的欢迎。万万不可只发表论文，不解决问题，让工程师们觉得有你没有你一个样！
>
> 怎样做到理论联系实际？必须深入实际。但到了现场，实际就在眼前，你也可能抓不到问题的要害。原因何在？缺少分析洞察问题的能力！怎样培养分析洞察问题的能力？我认为最好的方法就是学习并掌握马克思主义哲学。

从钱学森这封信里看到两个要点：首先是他说"只讲一个问题"就是"必须理论联系实际的"问题；其次，是他主动而精辟地指出了"怎样做到理论联系实际"。

三、关于理论与实验(事实、技术)的论述

1. 理论与实验

早在 1961 年，钱学森就发表过一篇题为《科学技术工作的基本训练》论述性文章，对理论与实践，理论与实验，教与学的辩证关系作了深刻的阐述：

> 要做好工作，除了基础科学和专业知识之外，还需要一套工作中的操作方法和习惯。这是科学技术中的"手艺"，一个科学技术工作者也要像工人一样地讲究手艺，这绝不是件小事。科学是严肃的、严格的、严密的，是不允许马虎的，所以科学技术工作者必须首先有良好的科学工作习惯，要有条有理。例如：为了研究工作有一个日后可查的记录，我们要讲究书写清楚，用符号有系统，不能乱换；实验和理论推算必须有条理地写下。记录的保存也是不能忽视的，要有档案。
>
> 属于操作方法的有两方面：一是理论工作中的，一是实验工作中的。理论

工作中的操作方法是推理及运算的敏捷和准确；推理要锐利，不要拖泥带水；什么是可能的，什么是不可能的，什么是一时还不清楚的，必须分清。养成这种能力的基础是基础科学，我们是运用基础科学的原理来判断事物。例如：要希望能确定几个未知数就必须有与未知数数目相同的几个方程，少了是不行的；再如能量必须守恒，能量不守恒的事物是不可能的。这些事说出来似乎是理所当然，并不稀奇，也确实不稀奇。但是青年工作者却常会有了基础科学和知识而不会用这个知识，有了刀但不知从何处下刀。需要锻炼。

所谓运算的敏捷和准确，那也是练出来的。这里一方面是必须记住一些常用的数学关系，如三角里的一些公式，一般微分积分的公式等；一方面是用得熟。这虽都是死功夫，但非常重要，是取得速度和精度所必需的。要练，就能练出本领来。

在院校学习中，理论工作中的操作主要是靠做习题来练，不做习题是练不出本领的。

实验工作中的操作方法也有两面，一是如何去做实验才能得到更准确的结果，而且更省设备、省时间。这就是对测量方法、测量仪器以及误差分析要下一番工夫。有人说过：做实验不在做得多，而在做得少！也就是少而精，也就是做实验要事先有研究，不能盲目地去干；不然干了一通之后，会发现大部分的测量数据是没有价值的。

实验工作的另一面，是具体做实验过程中的眼明手快，观察敏捷；不放过一点滴有用的征候，而又不是慢吞吞地老取不到数据。这就要求熟悉测量仪器和实验设备的具体操作，要严守操作规范，不要随便“别出心裁”地乱来；并且要不但会用，而且熟练。

其实，我们在这里所讲的基础知识和一全套科学技术工作的操作方法和习惯，它们都是科学技术工作的基本训练。要做科学技术工作而不注意科学技术工作的基本训练是不行的，这正如要演好戏，不练“功”是不行的。也像演戏一样，尽管基本功夫是从实践总结出来的，在发展历史上看是先生产实践而后基础科学，但我们在高等院校里学习是继承前人的创造，而不是复演历史，那就得反过来作：先讲基本训练，而后讲专业知识。人们创造的过程和学校里的学习是不该混淆的。因此，什么先掌握技术后学基础理论，什么以科研带教学，以科研带实验等说法，那都是错误的。

钱学森十分强调研究工作必须建立在对客观现象作认真的观察和前人工作的基础上，必要时还需要自己做实验。他还认为，仅仅知道在哪里可以找到所需要的资料，是远远不够的，必须切实消化和掌握它们。变成刻记在脑海中可以反复思考、随时调用和加工的东西。他指出，对于一个复杂的问题，往往需要经过多次的反复，经历若干个认识和再认识的过程，才能得到正确的结论，引导这些反复的是随时将阶段性结论与实验结果或实践经验的对比。只有当通过了这些考验，而且在逻辑上又是严密的时候，才能肯定这个结论。

2. 理论与事实

1956 年钱学森在《航空技术的展望》在谈到流体力学问题时指出："有许多从事航空研究的人，以为流体力学的目的是把所有设计飞机的资料用理论上的计算来求出。这是不对的！所有的工程理论为了使数据的计算能够真正做出来，必然地把事实简单化。也就是说，没有一个工程理论能完全代表事实，一丝不差，一点不缺。一般来讲，完善的工程理论也许能代表事实中的百分之八十，差一点的工程理论更不能完全代表事实。因此就是推论是完全不错的，计算是完全不错的，最好的工程理论也不过能做到百分之八十对，要做到百分之百的理论和实验的数据符合，流体力学中是不能够的。这也就是说，飞机的设计归根结蒂还是要靠实验，这包括风洞实验，各式各样的模型实验，局部元件实验，以及飞机试飞。这一点是搞流体力学的人必须要明白的，若不明白这一点，那必然容易盲目作些不必要的、没有价值的理论计算。"

钱学森又辩证地指出："也许有人就要问，既然理论不能百分之百的准确，归根还要靠实验，我们为什么要去搞理论呢？回答是：这是因为理论可以使我们更明确掌握事实，使我们了解实验的结果，使我们能进一步地利用实验结果。也就是说，有了理论我们就可以分析实验结果，因而发现问题的重点。知道了问题的重点，我们就可以集中力量，而快快地解决这个问题。为什么理论能使我们进一步地利用实验结果呢？这就是因为从理论我们可以寻找各式各样的相似律。这些相似律在空气动力学和气动力学中是十分重要的。"

其实，理论与实验的关系，又何止是流体力学如此，其他学科又何尝不是如此呢？钱学森的这种阐述是具有普遍性的，对所有从事科学技术研究工作的人来讲，都应该是具有启发意义的。

3. 理论与技术

钱学森是从工程实践走向理论研究的广阔领域的，因此他对理论与技术的辩证关系有着深刻的理解。他告诫青年科技工作者，既要重视理论又不能轻视技术。对于一个科技工作者，特别是工程师来说，理论离不开技术，技术也离不开理论。如果脱离技术，那么理论则只不过是一个天才的设想或假说，因为它无法得到证实。以超导研究为例，如果没有低温技术的发展，低温超导现象根本就无法发现，如果没有各种现代化的探测分析设备，超导研究也就无法深入。1984 年诺贝尔物理学奖获得者鲁比亚在青年时代就认为，技术和实验是理论研究的必要前提。于是，他选择了通过技术手段以证实那些高深理论作为了自己的"终生"专业，而不是从事那些纯理论的研究。范德梅尔以工程师头衔获得诺贝尔物理学奖这一事实本身就说明，现代技术同理论是不可分离的。

如果忽视理论对技术的指导作用同样是片面的。假若没有理论上的需求，人们就不会耗费昂贵的成本去作超导低温实验，因而超导现象就不会被发现，假若没有量子理论的成熟，BCS 理论就不会产生，而没有设计 BCS 理论作参考，人们在选择超导材料以及研究其性能时就只能凭经验和直觉去摸索，从而纯粹受偶然机遇的摆布，那么，超导研究也就不可能得到如此迅速的发展。

理论创新，科学创造，技术发明都要考虑实际的需要，恩格斯说过："社会一旦有技术

上的需要，则这种需要就会比10所大学更能把科学推向前进。”(《马克思恩格斯选集》，第4卷第505页)。

四、用科学理论解决工程实际问题，要研究与利用数学理论

1984年3月钱学森在一次学术报告中讲道：

> 20世纪40年代至50年代初，我是搞应用力学的。那时我有一个感受，就是正值航空事业要突破声障(从亚声速到超声速)，此时，应用力学出了很大的力。这就是用科学理论解决工程里面的实际问题。工程师有一个问题不好解决，找我们去当顾问，我们做了一段工作，告诉他们应该怎么办，哪一种成功的可能性大些，哪一种成功的可能性小一些，不说死，趋向是可以讲的。这种顾问性的建议非常受欢迎，使他少走点弯路，达到资本家压倒对手的目的。在我的脑中形成一个概念，科学理论与实际结合起来以后就能解决很大问题。这一点我好像注意不够。我们强调什么事都要用实验来解决，这是对的，实践是检验真理的标准嘛。但是怎么做实验，有巧的办法，也有笨的办法，巧的办法是把理论与做实验结合起来。尽量少作那些花费很大的实验，而代之以花费比较小而又容易做的实验，这就要靠理论。现在有大型高速计算机可以进行计算机仿真。理论和实验结合起来可以大大节省研制费用，节省时间。
>
> 在理论与实践相结合方面还有一个问题就是我们要用新的数学理论。当然，计算数学，软件这些还要发展。我国在这些方面的发展还远远不够。现在有计算机了，你就应该用更高深一点的数学理论来指导自己的工作。我发现外国人也注意到这个问题。计算机你让它怎么算就怎么算，算出来怎么回事，它可不保险！从理论上，大概要得出什么结果，计算机不能回答，还是要人来做。这是什么学问呢？就是现在数学中的微分几何或称微分拓扑，这是专门研究微分方程的解的大范围性质或微分流型，即它的变化规律的理论。从前认为，微分几何或微分拓扑这些理论，应用上无关紧要，但现在变得很重要了，应用方面也要注意。这也联系到复杂系统到底向哪个方向变，要想预见这个问题，就要用高深的数学理论。理论和实际结合，现在很有必要，否则我们研制工作的费用，时间的投资就太大了。

钱学森一贯强调在理论与实际的结合中应该有效地使用计算方法和计算工具。1957年，他在一次报告中系统地阐述了使用计算方法和电子计算机的有关问题。他认为，在国外科学技术工作者中一些人充满了个人主义，争权夺利，因而做实验的看不起作理论的，作理论的也看不起做实验的，两方面的人永远碰不到一起。我们可以看到在科学技术工作中有效地使用计算方法是等于用理论的方法去解决实际问题，理论工作者必需和实验工作者紧密地结合起来，而且理论与实际的结合绝不是一种机械的连接，而是在辩证唯物主义哲学指导下，科学技术工作者才能普遍地掌握理论联系实际的原则，才能把这一项宝贵的原则灵活地运用到所有问题上去，从而取得卓越的成就。

五、理论联系实际是钱学森的一贯科学精神

恩格斯说过，社会需要比办许多大学更能把科学推向前进。2001 年 11 月 30 日，钱学森 90 华诞之际，原国防科工委主任丁衡高院士在总装备部召开的向人民科学家钱学森学习座谈会上就自己手头的材料，谈了两个钱学森理论联系实际的事例。他介绍说："回顾与钱老相识 40 多年的往事，他给我的印象是：钱老一方面有渊博的理论知识，另一方面又有丰富的工程经验；他既强调理论的指导作用，又注重工程技术实践和工艺制造问题。理论联系实际是钱学森思想的重要内容和一贯特点，我对此有深刻的体会。""上世纪 60 年代中期，那时我们刚开始研制气浮惯性器件，曾经就气动力方面的问题请教过钱老。他听完汇报后指出，不要仅从理论上分析、计算；这些在开始只是指出一个方向，重要的是要靠实践，要靠设计、材料、工艺、最终制造出来，还要有正确的试验方法来检验和验证理论分析计算。设计、材料、制造工艺和试验方法往往是难点所在，是能否研制出来的关键，应在这方面下工夫，否则是纸上谈兵。经过钱学森的指点，他们在比较短的时间内完成了研制任务。"

丁衡高院士说："钱学森重视理论联系实际，重视制造工艺的思想是一贯的。1990 年 9 月，他曾针对当时国防科技工业存在制造工艺方面的问题，写了一篇《工艺与新技术革命》的文章，并组织召开了座谈会，出版了《工艺与新技术革命》一书。有一天，王寿云同志向他了解这件事，并给了他钱学森给鲍奕珊的一封信。"钱学森在信上写到："工艺问题常常不如设计、材料那样为人们所注意，而其实高技术是离不开工艺的。我们科技委员会（指全国政协科技委）要重视，故奉上此册（指《工艺与新技术革命》一书），请参阅，并作安排。"

他说："钱学森对工作极端认真负责。每次他们就工作上的问题向钱学森请教，他不仅提出原则性的意见，而且还尽可能地给予具体的指导。"他在翻阅过去的工作笔记时，发现本子里还夹着当年钱学森写给他的一个条子：

丁衡高同志：

请读此信，并提意见。××××的看法对不对？这是个大问题。如写"试验系统工程"，似可撇开这个问题，从即定试验目的讲起。

此致

敬礼！

钱学森

1982 年 4 月 12 日

××××是当时他们试验工作中首次碰到的一个重大问题，大家都没有经验。就钱学森提出的重要意见，又做了许多调查研究，于当年 5 月 3 日写了意见送给钱学森。在此前后，他专门向钱学森请教并讨论过数次。他说："钱学森十分重视听取不同意见，思考问题时重视具体情况和实践中的经验，强调要注意把握好最终目标和阶段目标的关系。他的这种一切从实际出发，理论联系实际的科学精神一直激励着周围同志求实务新，克服一个又一个困难，直到胜利。"

钱学森作为一名技术工程出身的科学家，始终注意从实际出发，总结、提炼、检验理论设想，并将工程实际与理论创新融会贯通，运用于解决国民经济建设中的重大问题，取得了许多重大的、创造性的成就。我们衷心希望钱学森的这种理论联系实际的科学精神，能够得到全社会特别是科技界的大力重视和弘扬。

六、"从自己的业务中学习科学"

现在我们国家的建设事业需要大量的技能人才，国家也正在大力倡导和培养技能人才。为此，我们摘要介绍1956年钱学森为全国广大职工向科学进军，学习科学技术知识所介绍的自己的学习经验。从他当年发表这篇短文的标题就可以看出，这也是一个联系实际的问题。他在文中说：

在科学的道路上，我过去是一个学生，现在也还是个学生。我学习科学，是有一个计划的，但不是一个完整的、详细的计划。我不过是订了一个大纲，决定了大致朝哪个方向走，这是顶要紧的。我们不能定一个死板的计划，一定要今天做到这里，明天做到那里，后天又做到另一个地步；哪一天完不成计划就着急，就认为失败，这是不合适的。我们每天要走多少路，是要看情况来决定的。正如天有不测风云一样，在科学的道路上，有许多不测的障碍，很难预料。有时候没有障碍就可以走的快些，有时候遇到了障碍就得先除去障碍，那就只好走得慢些。这也就是说，在定学习计划的时候，不可能有"先见之明"，看到道路上的一切曲折，定出来的计划总不免有些主观。执行学习计划就必须在实践中根据实际情形加以修订。因此要坚决的进军，也要灵活的进军，不能蛮干。

在定学习计划的时候，必须尽可能地利用我们已经取得的经验和知识，来帮助我们学习新的知识。我们已经取得的经验和知识是我们的本钱，这些都是实践中得来的，是最宝贵的东西。在学习中要利用它们，也就是把学习和自己的业务结合起来，在不断地改进自己的工作方法和提高自己的业务能力中去学习科学。从自己业务中所熟悉的一面着手就能熟门熟路，比较容易体会科学的规律。不要认为只有坐下来啃一本一本的厚书才算是学习科学，这是不对的。其实"门门出状元"，每一项业务中都有科学，每一门科学都是我们所需要的。只要能从自己日常所接触的事物开始，先学习文化和基础科学知识，达到一定的水平，就能够了解事理；然后逐步提高，最末了就能够做到成为本门业务中的专家，那就是科学家了。这种业务中的专家一点点都不比一个物理家或数学家差。他们同物理家或数学家一样地重要。因为这些业务中的专家有丰富的实践经验，他们的学识是经验的总结，也就是新的东西，也就成为科学的进展所不可缺少的一部分。

广大的职工同志们要学习科学技术知识，最好是有计划地、耐心地、而又灵活地在自己的业务中学习科学。

第六十七章 学术研究艺术之创新与普及齐驱

钱学森之所以成为一代科学巨匠，一贯坚持科技创新与普及齐驱是他的一大特色。

一、科学创新需要不畏艰险的勇气

2001 年 10 月 20 日，中国人民解放军总装备部党委发出《关于向“人民科学家”钱学森同志学习的通知》，在谈到“要学习钱学森同志坚持真理、与时俱进的科学态度”时说：“独立自主，求实创新，是科技工作者必需的科学态度和科学作风，也是成就事业的重要保证。钱学森同志是一位逻辑严谨、学术思想活跃、富有科学预见性和敏捷洞察力的科学家。他始终站在世界科学技术的前沿，以严谨的科学态度不懈追求，勇于探索。他做学问严格地遵循科学研究的规律，从不投机取巧，不走捷径；他在科学面前不迷信权威，敢于坚持真理；他始终坚信‘在科学上没有最后’，即善于继承前人，更勇于超越前人，取得了许多开创性的科学成就；他接手每一个研究课题，始终做到严肃认真，一丝不苟，精益求精。这种开拓创新、严谨细致的作风，钱学森一生贯穿始终，成为他攀登科学高峰的强大动力。我们学习钱学森同志，就是要像他那样，在国防科技事业中‘坚持真理，诚实劳动，奋发图强，顽强拼搏’，不断增强科技创新能力，努力掌握和赶超世界尖端科学技术，推动国防科技事业和武器装备建设的跨越式发展。”

马克思有句举世名言：“在科学上没有平坦的大道，只有不畏劳苦沿着陡峭山路攀登的人，才有希望达到光辉的顶点。”哥白尼也说过：“人的天职在勇于探索真理。”畏惧是阻碍创造力发挥的“敌人”，有畏惧思想的人，会怕困难、怕艰苦、怕失败。

从钱学森读大学到他以后工作的半个多世纪里世界科技发展十分迅速。他始终站在了世界科技的前沿，与时俱进、善于攻关、勇于探索、勇于创新。他敢于想前人没有想过的事，敢于走前人没有走过的路，敢于攀登前人没有攀登过的科学高峰。

当钱学森听到国外一些学者说，现在在英国和美国有一种情况很不好，年轻人很保守，跳不出老师的框框。就此，钱学森对国内科研人员讲："我们做科学技术工作一定要敢于创新，不要保守。假如这个人工作了20年，老没有新东西，虽说勤勤恳恳地工作也有成绩，但没有新的东西，他的成绩毕竟不是很大的。"（《人体科学与现代科技发展纵横观》，386页）

钱学森敢于创新的基础主要是他不断地学习各种最新的科技知识，不断地研究解决实际工作中遇到的各种困难和问题。他的创新精神与他的科学精神也是分不开的。今天，党中央已经向我们发出了要在世界高科技领域继续占有一席之地的动员令，我们年青一代的科技工作者一定要大力弘扬钱学森勇于创新的精神，开辟一条前人没有走过的道路，为我国的科技事业增添新的辉煌，为形成高科技产业的整体优化和局部强势作出新的贡献。

我国载人航天工程总设计师王永志也记得，在钱学森身边工作的日子里，他一再被要求从系统工程的角度，打破专业局限来分析和思考问题。钱学森支持新学科，扶植边缘学科，每一种创新的观点和设想都能得到他的鼓励。他说："要提倡创新思维，正确与否交给实践去检验。"正是在钱学森的建议和支持下，王永志30多岁就当上了新型导弹的总设计师。

二、科学创新需要理论联系实际

科学技术的创新，不是异想天开的胡思乱想，也要从实际出发，理论联系实际。比如在治理沙漠问题上，一般人们只看到沙漠的缺点和危害，采取"堵"的方式被动地治沙，而钱学森则通过实地调查，提出利用沙漠阳光充足的优点来发展知识密集型的大农业——沙产业，从而既实现环境效益又能实现经济效益，一举两得。他的独到的见解引起了人们的重视。这个例子充分说明了钱学森理论联系实际，不拘于成见，勇于创新的科学作风。钱学森在世纪之交的一次谈话中指出："我们不能死抱住过去的教条，要根据新的形势、新的实践加以发展。强调创新，这就抓住了科学研究工作的本质。"这段话也是钱学森自己毕生的实践体会。

2005年，钱学森在读了《人民日报》介绍美国加州理工学院的教育情况后说："读了这篇文章，使我想起我在美国加州理工学院所受的教育。我是上个世纪30年代去美国的，开始在麻省理工学院学习。麻省理工学院在当时也算是鼎鼎大名了，但我觉得没什么，一年就把硕士学位拿下了，成绩还拔尖。后来我转到加州理工学院，一下子就感觉到它和麻省理工学院很不一样，创新的学风弥漫在整个校园，可以说整个学校的一个精神就是创新。在这里，你必须想别人没有想到的东西，说别人没有说过的话。拔尖的人才很多，我得和他们竞赛，才能跑在前沿。这里的创新还不能是一般的，迈小步，那不行，你很快就会被别人超过。你所想的、做的要比别人高出一大截才行。那里的学术气氛非常

浓厚，学术讨论会充分民主，活跃异常，大家相互启发，相互促进。”

三、科学技术工作者应该具备宣传和推广自己研究成果的能力

钱学森说过：“作为一个科学工作者，应该有这样的本事，能用普通的语言向人民（包括领导）讲解你的专业知识。研究生在撰写论文的同时，最好再写一篇同样内容的科普论文，这应作为考核的一项重要内容。这有利于打破死啃书本、只会讲‘行话’的弊病。”1982年5月9日钱学森同志在中国力学学会第一届常务理事会报告中说：“25年来，中国力学学会在党的领导下，团结科技工作者为繁荣科技、促进生产作出了巨大贡献，广大力学学会会员为国民经济和国防建设解决了许多重大科技问题。”他又说：“可是，现在有许多人还不知道力学到底是干什么的。我们要重视科普工作。我建议第二届理事长带头写文章向广大干部、群众讲讲这方面的知识。”

科技工作者要想把自己的研究成果推向实际应用，首先你得面向实际，面向市场转化你的成果，要想转化获得成功。第一步你得获得支持经费，就是要有人看好你的成果的开发前景，愿意为你的成果或项目投资。这当然首先要成果好，项目好，但是也不能忽视你的宣传和推广能力，你得让投资者认识到你的成果确实好，说到底这也是一种科技普及，一种特殊的科技普及。这也是钱学森经常对年轻的科技人员讲的问题之一。

四、提高民族的科学文化素质，是科学技术工作者的重要任务

钱学森在1998年8月1日指出：“人类在20世纪创造了巨大的科技成就。这些成就深刻地改变了人类生产和生活的方式和质量，同时也深刻地改变了人类的思想观念和对世界的认识，极大地推动了社会的发展。把这些辉煌的科技成就用科普的形式表现出来，介绍给社会大众，这对于普及科学知识、增强科技意识、提高民族的科学文化素质具有重要意义。”

据陈顒院士等介绍，《科学的丰碑——20世纪重大科技成就纵览》一书有近300篇科普作品。该书深入浅出地介绍了人类在20世纪创造的重大科技成就，既有重要科学理论和重大科学发现，又有重大发明创造和重大技术突破；既反映了对推动科技进步具有重要意义的科技成就，又介绍了对改变人类生活方式、提高人类生存质量产生重大影响的科技成果，如相对论、量子力学、宇宙起源、混沌分形、系统科学、基本粒子、DNA双螺旋结构、大陆漂移和板块结构、计算机、人工智能、无人工厂、设施农业、克隆技术、基因工程、集成电路、激光技术、核技术应用，人造卫星、空间站、高速列车、摩天大厦等等。内容基本涵盖了现代科学技术各主要领域的主要方面。出书之前，有关方面组织了300多位科学家，对20世纪各有关领域的科技成就进行了反复论证，钱学森对本书的内容安排作了非常重要和十分具体的指导。

钱学森在肯定“这本书的内容是很不错的”，同时，还切中要害地指出：“宣传科普，使广大人民群众理解近代科技成就，是现代化建设的一个重要方面；但还有一面也非常重要，即近代科学技术不足之处，或者说还需要努力解决的问题，如环境污染、水资源合理利用问题、城市垃圾问题、自然灾害预报问题等，希望引起重视。既了解科技成就，又知

道还有待解决的问题，这样更全面一些，这也是我们科普工作的一个重要任务。”

钱学森认为一切科学成就都应该传播到民众中去，成为民族文化的组成部分。正如爱因斯坦所言：“每一个科学研究的成果，由几个同行专家拿了起来精研、应用，还是不够的。把知识的整体局限在少数人中间，将使这个民族的哲学精神失去活泼、生气，同时也将引到精神上的贫乏。”

钱学森确实是这样身体力行的，他总是抓住一切机会，满腔热情地通过各种方式，把自己所掌握的科学知识传送给所有愿意学习的人们。20 世纪 70 年代末在神州大地上崛起的一门新兴的组织管理的技术——系统工程，其当初，也是发端于普及。钱学森和许国志、王寿云等人在交谈中认为，推广组织管理技术，培养组织管理人才，是搞好经济建设的关键所在，而系统工程，就是组织管理的技术。于是他们合写了一篇文章，把当时人们还比较陌生、但又十分重要的系统工程，通俗地介绍给广大职工、干部、科技工作者、经济工作者和各级领导。文章在 1978 年 9 月 27 日的《文汇报》发表后，果然是“风乍起，吹皱一池春水”，科学、教育、工业、农业、军队等各方面的同志竞相学习，不少地方用作干部培训教材。接着，他们又应邀为中央人民广播电台举办的系统工程节目撰稿，为中央电视台举办的系统工程普及讲座承担了组织和讲课的任务。京、津、沪和一些省、市，纷纷开展系统工程的普及活动；全国几十所高等院校开辟了系统工程的教学和科研工作；中国系统工程学会应运而生；系统工程在神州大地蓬勃发展、在社会主义经济建设中发挥了重要的管理效能。

1985 年 7 月，钱学森在和中国科普研究所与上海科普研究所部分研究人员谈话时，明确提出：“我们的任务就是要使全体人民能够认识高速发展和变化的客观世界。”

科学家、科技工作者及理工科大学生都应该具有传播和推广现代科学技术知识的能力。钱学森多年来一直倡导，作为一个科学工作者，应该有这样的本事，能用普通的语言向人民（包括领导）讲解你的专业知识。研究生在撰写论文的同时，最好再写一篇同样内容的科普文章，这应该作为（学位）考核的一项重要内容。这有利于打破死读书本，只会讲行话的弊病。这应该作为广大科技工作者和理工科大学生的努力方向。随时随地，以各种形式向人民群众普及科学知识，对于提高公民素质来说，是有极大好处的。

一个人要想跟上科学技术发展的步伐，就必须学习以至掌握自己专业以外的知识，成为“通才”。钱学森是学识渊博的科学家，但他还是谦逊地说：“著名科学家的头衔授之不敢，我只是对自然科学中的物理学中的力学里的流体力学的空气动力学较有研究，即使这么一个看来很窄的专业，如果要把每天世界上发表的论文都看一遍，也需要 40 天的时间，况且为了胜任工作，还不能只关心一个专业的动态。”可见，作为一名科技工作者确实不容忽略新知识的扩展。

爱因斯坦在《论科学》一文中，阐述了想象对知识的增进和科学研究的重要作用：“想象力比知识更重要，因为知识是有限的，而想象力概括世界上的一切，推动着进步，并且是知识进化的源泉。严格地说，想象力是科学研究中的实在因素。”尽管他在“源泉”问题上，有不确切之处，但毕竟为我们理解想象在科学研究中的功能、科学家和发明家创造性思维活动的特点，提供了一把钥匙。丰富的想象使我们的思维变得活跃和丰富起来。一

切美好的创作和创造发明都离不开想象，从这个意义上讲，想象使我们的思维获得了新生。

钱学森不仅在科学创新方面作出了卓越贡献，同时他也是一位科学火炬的传递者。在1979年3月15日召开的全国科协第二次全国代表大会上，钱学森提出了“科学技术现代化一定要带动文学艺术现代化”的思想，并且提出“科学文学艺术”概念来丰富与发展科普事业的内涵。钱学森是中央人民广播电台科普节目的忠实听众，是高级科普杂志美国《科学美国人》(Scientific American)和英国《新科学家》(New Scientist)的长期阅读者和宣传者。

一、学会(协会、研究会等)组织与作用
二、钱学森非常重视学术组织机构建设
三、钱学森亲自组建和倡导建立的学术组织
四、对加强科协和学会工作的建议

第六十八章 学术研究艺术之重视学术组织建设

钱学森一贯认为科协和学会的工作非常重要。他曾担任中国科学技术协会第二届全国委员会副主席、第三届主席。他曾亲自主持筹备和大力支持成立了许多专业技术学会、协会和研究会等学术组织，他也曾被推举为许多专业技术学会、协会和研究会的理事长、名誉理事长或顾问等，这一方面说明他确实重视和热心这些学术组织的建设，另一方面也说明学术同仁对他的认可和信任。特别是在“文化大革命”结束之后，他对尽快恢复中国科学技术协会的活动发挥了历史性的作用。

一、学会(协会、研究会等)组织与作用

1988 年，钱学森在中国科学技术协会成立 30 周年纪念大会上的报告，在讲到学术团体重要意义和作用时他引用梁启超的《论学会》一文中的话说：“欲振中国，在广人才；欲广人才，在兴学会。”他认为中国科学技术协会是中国历史发展的产物，各类学会的兴起，成为不可阻挡的历史潮流。他同时指出：“发展科学技术需要科技工作者个人忘我的专心致志的劳动，这是毫无疑义的。但是光有这还是不够的，还必须有活跃的学术思想环境，有信息广阔的富有生气的学术交流。在一个沉闷孤独的学术环境中，是难以取得科学技术的重大突破的。中国科协及所属全国性学术团体的重要任务之一就是活跃学术思想，积极推动和组织国内外学术交流。”

学会(协会、研究会等)是最早出现的科学劳动组织结构。在 19 世纪中期，西欧大地上普遍出现学会式的组织。意大利的山猫学会和齐门托学会，英国的“无形学会”和皇家学会，法国的巴士噶“私人学

会"，以及法国王家科学院等，都是应运而生的最佳科学劳动结构。在这种劳动结构中，科学家的劳动是个体的，但是，在学会内部，科学家又是互相协作的。他们可以通过学会的刊物、会议通信方式，交流思想，活跃学术，互相切磋，共同提高。当时，学会式的科学劳动结构，显然是最能出成果、出人才的最佳结构，这种劳动结构实际上是物质生产领域的简单协作在精神生产上的"再版"。

专业学会是同一学科的科技工作者组织起来的学术团体。科学工作者对这种进行科学活动的组织形式是习惯的、喜欢的。随着科学技术创新和建设创新型国家战略的组织实施，各种专门学会的学术活动会更加活跃起来。

学会这种科学活动的组织形式有许多优点，对于促进国内外学术交流，提高会员学术水平很有作用。学会是群众组织，同行同业通过它可以声气互通，更便于发扬学术上的民主精神，开展自由讨论。专业学会对某些科学研究中的问题和成果，组织讨论、审议，可以促使科学研究问题向正确方向发展。学会也是科技工作者加强团结和进行自我教育的组织，通过学术活动和交流，不仅使科技工作者在学术上得以互相启发，也提高了思想认识。许多专业学会是国际性科学团体的成员，在促进国际学术交流方面，更有其特殊的作用。

在建设创新型国家的过程中，有许多具体科学技术问题，需要广大科技工作者参与研究和解决；有许多科技政策和重大技术措施问题，需要广大科技工作者进行研究和试验，参与讨论和解决；各门学科发展中的方向问题，需要广大科技工作者进行探索和讨论。因此，专业学会的主要任务可以归纳为两个方面：一是交流研究工作的经验，帮助会员扩大眼界，提高学术水平，推动本学科的发展；一是组织动员力量，协助有关部门解决当前生产建设中的科学技术问题。这两项任务必须通过学术讨论、学术交流、进修讲座和国际学术往来等活动才能完成。

学会不受单位、行业、地区的限制，把同一学科的科技工作者和学者专家组织在一起广泛地进行学术交流。这是在科学技术方面实行社会主义大协作、多快好省地发展科学技术事业的好办法。这些群众性的学术团体，在党的领导下，有组织地开展学术活动，广泛组织国内外学术交流，对于贯彻学术民主，发展我国科技事业，壮大科技队伍，团结科技人员，能起到积极作用。这些学术团体，还大力开展科学普及工作，向群众传播、推广科学技术知识，受到广大群众和青少年的欢迎和支持。

专业技术学会在一个领域的发展中起着关键的作用，专业技术学会通过其主办的会议与出版物，帮助会员们互交互学新的方法，相互交流学术思想。在指导专业的客户了解本领域所能做到的工作方面，专业技术学会也能起一定作用。

钱学森是非常重视学术组织的作用的。他在很多场合，特别是对那些新兴的学科领域，更是特别强调学术组织和研究机构的建立。比如，他在谈到教育理论时就提出，教育理论虽然马克思、恩格斯、列宁和毛泽东已有不少阐发，但我们仍然面临着一个学习、整理的任务，而且要在此基础上写出我们的教育学。以前的书（例如凯洛夫的《教育学》）是不能令人满意的，为此组建专门的研究机构很有必要了（《科学学、科学体系学、马克思主义哲学》1979 年）。当他谈到科学学时则又指出，马克思主义的科学学不是现成的，而

是要我们努力去创建的一门科学。我们面临的任务在其艰巨性方面，绝不亚于马克思当年研究政治经济学。当然时代不同了，马克思几乎是孤军奋战，而我们则可以建立一个研究所，并发动全国有关力量，浩浩荡荡向科学学进军。我们一定能在不长时间内，取得较大的成果。

二、钱学森非常重视学术组织机构建设

现代科学研究的特点是集体性的，科学越发展越进步，越需要扩大学术关系网络。中国有句古语："独学而无友，则孤陋寡闻。"半个世纪以来，由钱学森领衔创立的各个学会（协会、研究会等）始终与学科的进步相辅相成，与国家的命运相依相随，在全国各科学领域科技工作者的心目中，学会最具权威性，最具群众性。

钱学森始终要求学会把学术交流、学科发展作为学会的基本任务，坚持以学术交流为中心，国内外交流并重，多方位、多层次、多渠道、多形式地组织活动，为了提高学术活动质量，经常研究在学科上有哪些进展突破，还有什么新的问题，今后如何发展。一个好的学术活动起到引导与启迪的作用，它吸引着广大科技工作者走到一起，切磋学问，百家争鸣，共同探讨发展学科、建设国家之路。

1957 年 9 月 12 日，国际自动控制联合会（IFAC），在法国巴黎举行成立大会。在 IFAC 成立大会上，钱学森当选 IFAC 第一届理事会理事。

国际自动控制联合会（IFAC），成立于 1957 年 9 月，是由许多国家会员国组织而成的一个国际性联合会，其宗旨在于促进自动控制领域内科学和技术的发展；并通过与各国学术团体或其他国际性组织合作，交流有关自动控制学术活动的情报，涉及的范围包括所有的系统，如工程、物理、生物、社会或经济各部门在理论和应用两个方面的内容，IFAC 也十分关心自动控制学科对于社会的影响。

1981 年 5 月，钱学森在中国科学院第 4 次学部委员大会上讲道："我以前曾说过，为什么将来不能成立人类科学院、思维科学院、系统科学院？当然说是容易，但要实现恐怕要到 21 世纪了。"

钱学森在《开展思维科学的研究》（1984 年 8 月）长篇论文里专门设了一节"学术组织问题"，联系创建思维科学的实际来论述学术组织问题。他说："学术讨论总要搞个学术组织。关于这个问题，我在《关于思维科学》这篇文章里最后讲了一段话，我的意思是思维科学要搞些什么组织活动呢？一是成立研究所，二是在大学里设置专业，三是成立学术组织。这样看来一个迫切需要考虑的问题，是成立全国性的思维科学学术组织。我们这个学会要有很好的学风，我们要严肃认真地搞学会工作，不能随随便便，更不能有江湖习气。搞学术，态度就是要认真、严肃。当然，认真并不等于不活泼。我们要诚恳地交流，有活泼的气氛，有话就说。我想，在我们思维科学这个新的领域里，没有什么权威，所以，我们决不能搞一言堂。大家充分发表意见，互相交流，争吵一下也没有关系。暂时统一不了认识，不要紧，慢慢来。总之，我们既要严肃认真，又要生动活泼，充分发扬民主，百家争鸣，百花齐放。只有这样，我们这个学术组织就可以搞好。"

1985 年 4 月 26 日，应司法部邹瑜部长的邀请，钱学森在全国首次法制系统工程科学

讨论会上作报告时，当面向司法部邹瑜部长建议："把法学这门学问现代化一下。怎么现代化？就是要用电子计算机，就是要定量。我给它起个名字叫'数量法学'。这就是经济学界把用计算机叫'数量经济学'一样。中国社会科学院有一个'数量经济研究所'。我们要搞数量法学，如果同志们觉得有研究的价值，那就请司法部部长邹瑜同志下决心建立个研究单位，干起来吧！"

三、钱学森亲自组建和倡导建立的学术组织

在钱学森的科学技术生涯中，亲自组建和倡导建立的学术组织有许许多多，没有人作过系统全面的研究统计，在这里介绍的只是比较重要的一部分。

1. 中国力学学会

在钱学森、周培源、钱伟长、郭永怀等著名力学家的共同倡导和组织下，1957 年 2 月 10 日，中国力学学会正式成立。钱学森当选为学会第一任理事长，选举了 35 位著名力学家为理事，学会大会通过了《中国力学学会章程》。从此，直到 1982 年 5 月中国力学学会第二届理事会产生，钱学森担任中国力学学会理事长长达 25 年。在这 25 年间，中国力学学会团结全国力学工作者开展学术交流，在推动力学为国民经济建设服务，在促进学科繁荣，普及力学知识，开展力学教育，发现优秀力学人才等方面起了重要作用。

1982 年 5 月 9 日召开在中国力学学会第一届常务理事会，大会鉴于前任理事长钱学森同志、副理事长周培源同志对力学科学的贡献和对建立与领导力学学会工作的功绩，一致同意授予他们以名誉理事长的称号。

2. 中国自动化学会

1957 年 5 月，钱学森和沈尚贤、钟士模、陆元九、郎世俊等科学家发起成立中国自动化学会。经过有关部门的酝酿和全国科联的商定，组成了 29 人的筹备委员会。在 1957 年 6 月 28 日举行的筹备委员会第一次全体会议上，一致推选钱学森为主席。1961 年 11 月，在筹备委员会的努力工作下，中国自动化学会在天津召开了"第一次全国代表会议和学术报告会"。会上通过了中国自动化学会章程，选举产生了第一届理事会，宣告中国自动化学会成立。钱学森当选首届理事长。此后，中国自动化学会又于 1965 年 7 月在北京召开了第二届全国代表大会，钱学森再次当选理事长。

中国自动化学会自 1957 年开始筹备以来就积极组织各种学术交流活动。1957 年创办了会刊《自动化》(现在《自动化学报》的前身)杂志国内外公开发行。1960 年 3 月中国自动化学会与中国科学院自动化研究所联合举办了自动化界的第一次全国性专业学术会议"第一次全国自动学学术会议"。从那时起，学会的学术活动一直十分活跃。"文化大革命"刚一结束，钱学森立即恢复学会的活动，1979 年重新组建增设专业委员会以后，学术交流活动有了迅速的发展。

1980 年 5 月，中国自动化学会在北京召开了第三届全国代表大会，钱学森在开幕式上作了工作报告。

中国自动化学会是国际自动控制联合会(IFAC)的第一批成员国和发起者之一。1957 年 9 月，罗马尼亚、中国、日本、瑞士、瑞典、挪威、意大利、丹麦、奥地利、波兰、捷克、匈牙利、

美国和苏联等14个国家的代表在法国巴黎举行IFAC成立大会。钱学森当选(IFAC第一届理事会理事。我国派钟士模、杨嘉墀同志出席了成立大会。会上通过了会章,选举了理事会。理事会由13人组成。理事会每年举行一次,1958年3月在瑞士,1959年3月在意大利召开了理事会,我国派钟士模、屠善澄同志代表钱学森出席了会议。从1960年起,中国自动化学会多次派代表团参加每3年召开一次的IFAC世界大会。学会各相应的专业委员会和工作委员会也陆续派出代表参加IFAC的理论、计算机、空间、应用、元件和仪表、发展中国家6个技术委员会。有关的专业委员会也组织了不少代表团参加IFAC各种专题学术讨论会。1999年我国成功组织举办了第14届IFAC世界大会。

3. 中国航空学会

钱学森始终非常热心我国的航空事业。1956年5月27—31日,北京航空学院(现北京航空航天大学)举行第一届科学讨论会,钱学森应邀到会,在学院体育馆为1 000多名师生作了题为《航空技术展望》的学术报告。他在报告中回顾了世界航空科学技术发展的历史,对流体力学、材料结构、喷气动力、新机研制等航空领域关键技术的现状与展望,作了深入浅出的介绍。报告内容丰富、语言生动、受到师生们的热烈欢迎。

钱学森也非常支持航空科学技术的发展,支持航空科学技术界成立全国性的专业科学技术组织。1963年为筹备成立中国航空学会几次与中国航空学会筹委会主任沈元院士讨论学会事宜,他对学会的成立表示支持,并就有关问题交换看法。比如,关于学会的名称,要不要像美国AIAA那样,称为"航空宇航学会"?因为参加学会的科技人员,不仅有航空方面的,而且也包括火箭、导弹、卫星等领域的同志。钱学森考虑以后,认为学会包括"航空气"和"航空间"两部分,可以简称"航空",这是中文的一种简洁表达,因此名称仍以"中国航空学会"为好。不过,为了不使外国人误会,学会的外文名称,还是应该包括Aeronautics和Astronautics两部分。

1964年2月20—29日,中国航空学会在北京科学会堂隆重举行了成立大会,钱学森应邀在大会开幕式上为全体代表作了长篇科学报告。他在报告中对学会成立表示热烈祝贺,并寄予殷切期望。

4. 中国未来研究会

中国未来研究会成立于1979年1月16日。钱学森出席了在北京举行的成立大会,并被推举为名誉理事长,后来又担任过该会顾问。该研究会是全球性未来研究组织——世界未来研究联合会(WFSF)的团体成员。中国未来研究会的宗旨:建立和发展具有中国特色的未来学学科体系;研究中国和世界的发展前景;团结和组织各领域、各学科的专家、学者和热心未来研究的各界人士,为中国现代化建设服务,为人类进步事业服务。中国未来研究会的任务:结合中国现代化建设中和全球发展中的实际问题,进行未来学学科的基础理论和应用研究,为决策提供科学依据,同时开展广泛的国际国内学术交流合作。

钱学森反复告诫大家,只有社会主义才能救中国,只有中国共产党才能领导中国人民走向繁荣富强。工作中一定要认真学习马克思主义,要坚持四项基本原则,要联系中国实际,研究中国的未来。

1983年8月,中国未来研究会在黄山召开"公元2000年的中国"学术讨论会。会前,

钱学森对这次会议非常关心，于7月16日在他的办公室亲切地接见了研究会的王建新和韦锡新同志，就“公元2000年的中国”研究等问题谈了自己的意见。

1985年4月17日，在由中国未来学研究会等17个全国性学会、研究会联合发起召开的“全国交叉科学讨论会”上，钱学森再次告诫与会同志：“应用马克思主义哲学指导我们的工作，这在我国是得天独厚的。从我个人的经历中，我的确深有体会；马克思主义哲学确实是一件宝贝，是一件锐利的武器。我们在搞科学研究时（当然包括搞交叉科学），如若丢弃这件宝贝不用，实在是太傻了！”

1990年4月，中国未来学研究会第三届理事会第一次理事会，会议向钱学森表示敬意，感谢他多年来对学会的关心和指导。钱学森在会议召开前夕专门给学会写信指示：“中国未来学研究会要建立并研究马克思主义未来学，为中国的社会主义建设服务。”

5. 中国宇航学会

中国宇航学会由钱学森、任新民、张震寰发起，于1979年10月成立。在中国宇航学会成立大会上，钱学森被推选为名誉理事长，任新民为理事长。中国宇航学会是由全国航天科学技术工作者组成的学术团体，其宗旨是团结和组织广大航天科技工作者，促进航天科学技术的创新和发展，推动航天科学技术的普及与推广，不断提高航天科技人才的素质，加速他们的发展和成长，从而促进国民经济的发展，为社会主义物质文明和精神文明建设服务。中国宇航学会的主要任务是：开展国内外学术交流，举办各种国内和国际学术会议、讲座、展览，促进民间国际科技交流，积极开展青少年航天科技教育活动，普及航天科学技术知识，传播推广先进生产技术和管理经验。

6. 中国空间科学学会

中国空间科学学会成立于1980年9月25日，这也是在钱学森倡导和推动下成立的空间科学技术工作者的学术性群众团体。学会宗旨是团结广大空间科学技术工作者，为繁荣和发展空间科学技术事业，为科技进步、经济建设和社会发展作贡献；提倡辩证唯物主义，坚持实事求是，贯彻“百花齐放，百家争鸣”和民主办会的方针。自1990年起，作为团体会员加入国际科学联合会理事会（ICSU）下属的日地物理科学委员会（SCOSTEP），为促进空间科学技术的发展，开展了卓有成效的国内外学术交流，如召开学术年会、讨论会，专题论证会，成果交流及发展方向研讨会，联合主办或组团参加国内、国际学术会议等；出版多种空间科学技术书刊；组织科学家为国家空间科学技术发展战略、政策提出了一系列可行的建议，曾获中国科协首届优秀建议一等奖。目前正在承担中国科协《2020年的中国科学和技术》发展研究中15个综合专题之一——“空间研究”专题编写任务。

7. 中国空气动力学会（1989年前名为中国空气动力学研究会）

1978年，钱学森倡议成立空气动力学学术团体。1980年6月10日，在上海成立了中国空气动力学研究会，钱学森、沈元当选为名誉会长，庄逢甘为会长，曹鹤荪等为副会长，委员136名。1980年9月12日，经中国科协批准，命名为中国空气动力学研究会。1984年9月，在四川召开第二次会员代表大会，钱学森、沈元当选为名誉理事长，庄逢甘为理事长，曹鹤荪等为副理事长，理事109名。1989年10月，常务理事会决定并经中国科协批准改名为中国空气动力学会，并在民政部登记注册。1994年，经通信选举，钱学森、沈

元为名誉理事长，庄逢甘为理事长，俞鸿儒等为副理事长，理事126人。2002年6月12日，在四川绵阳召开了第四次会员代表大会，选举产生了第四届理事会，钱学森、沈元、庄逢甘为名誉理事长，张涵信为理事长，崔尔杰等为副理事长，理事116名。1980年6月，在上海举行了中国空气动力学研究会成立大会，钱学森虽然未能亲临成立大会，但他发来了热情洋溢的贺信。

8. 中国系统程学会

1979年10月，国防科工委等单位在北京召开的系统工程会议上，钱学森、关肇直、李国平等21位学者联名倡议筹建中国系统工程学会。经一年的筹备工作，于1980年11月在北京召开了成立大会，正式宣布了中国系统工程学会的诞生。大会一致推举钱学森、薛暮桥为名誉理事长。此后，他长期担任学会的名誉理事长，对学会给予了很多指导。

1982年以来，中国系统工程学会每年都要召开一次新春学术座谈会。从1982年到1989年，钱学森参加了每一次新春学术座谈会，并发表了讲话，后来由于身体原因不能亲自参加了，也要让身边的同志转达他对学会工作的期望。

1991年12月11日，钱学森在"钱学森系统科学与系统工程学术思想研讨会"上的讲话结束时，对系统工程学会语重心长地讲道："我觉得我们系统工程学会的同志眼界要打开一点，要看到我们系统工程学会也是系统科学学会，对我们社会主义中国科学技术的发展是大有可为的。最后，我说我在这儿说说容易，但怎么干呢？我看许国志理事长，这个事现在让我们秘书长、副秘书长先研究研究罢。怎么具体化？怎么办？今天秘书长、几位副秘书长都在，恐怕你们都要先研究研究。这个系统工程学会今天已不是前几年的状态，要登上一个新台阶，要对我们社会主义中国科学技术的发展作出更大的贡献。"（《系统工程理论与实践》，1992年第5期第3页）

根据钱学森的建议，1980年12月正式成立了中国系统工程学会的一个分会——农业系统工程研究会。当时就有100多位各级领导、专家学者、教授和农业工程技术人员入会。他们一致表示，一定要加强农业系统工程的研究，为正确地认识和改造世界，加速我国农业现代化步伐贡献力量。

在钱学森的多年倡导下，在原中国科学院党组书记李昌同志的支持下，经过广大农业系统工程工作者5年的辛勤努力，中国系统工程学会农业系统工程委员会，于1985年7月24—28日在太原成立。全国25个省、市、自治区的农业系统工程专家和热心于农业系统工程的领导同志共175人参加了成立大会。中纪委书记李昌等向大会发来贺电贺信。黑龙江省人大主任、山西省委副书记、省人大副主任等到会祝贺并讲话。中国系统工程学会农业系统工程委员会的成立，标志着我国农业科学研究逐步走向整体化、模型化和定量化，它促进了我国农村经济发展规划和计划的制定、发展战略的决策、农业生产的管理逐步实现科学化。

9. 中国科学学与科技政策研究会

我国科学学事业起步较晚。最早提出开展科学学研究的是钱学森。他在1977年撰文指出："当现代科学技术已经发展到高度综合而又从基础到应用的严密结构体系，就应该有一门代替消亡了的自然哲学的学问，它专门研究科学体系的逻辑性和严谨性，研究

科学技术与哲学的联系等。这也可以称为科学的科学。"此后,随着"科学春天"的来临,我国京、津、沪地区的一部分从事自然辩证法、情报学、科技政策、科技管理工作乃至搞自然科学的学者,投入科学学的研究,他们经常聚会,研究科学学的范畴、应用和科研管理问题,宣传科学学的知识,宣传解放思想,对我国科技体制和科技政策中的重大问题提出各种建设性的意见,受到我国政府部门和广大干部的重视与欢迎。1979 年,在钱学森、李昌、钱三强等同志的支持下,在北京召开了"中国第一届科学学学术讨论会",来自全国各地的专家、学者、大学老师以及科技管理部门的同志共 100 多人出席了会议,广泛讨论了科学学和科技政策的问题。这次会议为把科学学的活动进一步推向全国各地产生了重大影响。1982 年 6 月 12 日,来自全国各省、市、区的 100 多位科学学工作者的代表,会聚在安徽九华山,正式成立了中国科学学与科技政策研究会,它标志着中国科学学事业进入了一个有组织、有领导的新的发展阶段。中国科学学与科技政策研究会是中国从事科学学、科技政策和科技管理研究的科技工作者自愿结成的学术性社会团体。1985 年加入中国科学技术协会,是全国一级学会。

10. 中国发明协会

中国发明协会是在钱学森和中共中央总书记胡锦涛同志、武衡等 100 多位科学家,发明家和热心发明工作的领导干部及社会活动家等联合倡议下,经党中央、国务院批准,于 1985 年 10 月 16 日在北京正式成立。参加联合倡议的领导干部有倪志福、邹家华、王兆国、宋健、张劲夫、汪道涵等,院士有黄家驷、金善宝、王大珩、严东生、张光斗、侯祥麟、沈鸿等,还有王崇伦等发明家。倡议成立中国发明协会的根本出发点,是推动群众性的发明创造活动。聂荣臻元帅在发给成立大会的贺电中指出,中国发明协会的成立"是促进科技工作发展的又一条重要途径"。中国发明协会宗旨是调动广大群众中蕴藏的发明创造积极性,引导和推动群众性的发明创造活动,发掘和支持发明创造人才,维护发明者的合法权益,促进科学技术进步,为经济建设和社会发展服务。

中国发明协会的成立,这是我国现代科技史上的一件喜事。当时《光明日报》发表的评论员文章这样写道:"中国发明协会的成立,是一切关心、支持和从事发明创造活动的广大群众盼望已久的事。它将为推动我国的群众性发明创造活动更加蓬勃地发展,为促进更多的发明构思变成发明成果,为加速发明创造尽快转化为生产力,作出应有的贡献。发明创造推动着人类科学技术的发展,人类从蒙昧时期发展到现代社会的整个历史,就是人类不断发明创造的历史。一个国家发明创造的多少,在一定程度上反映了这个国家的科学技术水平,一个国家对发明应用的深度和广度,影响着这个国家生产技术水平的高低。许多国家的经济发展主要依赖于新技术的应用。"

11. 中国气功科学研究会

1986 年 2 月 23 日,中国气功科学研究会在北京正式成立,钱学森被推举为研究会名誉理事长,这个研究会的成立标志着我国开始对气功进行多学科的研究工作。研究会理事长张震寰主持了成立大会。钱学森在会上作了长篇发言。他提出气功科研工作的第一步应先建立气功的"唯象理论",他认为"练功可以开发人体智能,对个人健康有好处,对祖国四化建设也有好处"。他的发言引起与会者的热烈反响和称赞。有关专家一致认

为，我国传统的气功学，蕴藏着丰富的自然哲学思想，以生命科学为中心对其开展多学科的研究，是一项有深远意义的战略任务。

12. 中国人体科学学会

国家科学技术委员会于1987年5月3日批准成立中国人体科学学会。5月25日，钱学森在一次学术报告会上兴奋地讲道："国家科委已经正式批准中国人体科学学会成立，这是很不容易的，人体科学在过去的一段时间里确实是跟人体特异功能连在一起的，所以受到很多的不正确的待遇。最后，也就是现在国家科委批准成立中国人体科学学会，是学会，这是一件很大的事情。原来也不敢叫学会，去年开会时，也不敢加中国二字，因为当时上面还未批准，所以叫'人体科学研究会'现在可以清楚地亮出旗帜，我是中国人体科学，而且不是研究会，是学会，我就是老牌的学会。""所以我们庆贺中国人体科学学会的正式成立！"从这段话里我们可以真切地感受到学术组织在钱学森心里是何等的重要。

1988年7月11日，钱学森在中国人体科学学会一届二次理事会上再次对中国人体科学学会给予指导："我们这个人体科学学会一定要团结起来，任何一个人孤军作战或少数人作战，都打不胜这一仗。只有认真地团结起来，互相帮助，我们才能完成这项艰巨任务，而这个任务是了不起的，它是一场新的科学革命，会掀起一个东方的文艺复兴。"

钱学森一贯重视学术组织的建设。在他的倡导支持和推动下组织成立的学术组织还有许多。比如，1964年3月成立中国兵工学会，1978年11月成立的中国现代化管理研究会，1981年10月28日成立的中国自然辩证法研究会等等，钱学森都曾给予过有力的支持。

四、对加强科协和学会工作的建议

钱学森一贯认为科协和学会的工作非常重要。在"文化大革命"结束不久，钱学森再也抑制不住兴奋的心情，于1977年6月29日就恢复中国科协的活动问题约访了周培源先生。当时，第二届科协主席李四光先生已经去世，周培源是第二届科协副主席，钱学森在科协不担任领导职务。钱学森专程到北京大学周培源先生的住所，谈了他对加强科协和学会工作的想法和建议。钱学森说："现在一个突出的问题是横的怎么办？我就想到科协和学会工作，这也是能起横的作用的组织，能够打破各个部门的界限，把同一专业的科技人员组织起来互相学习，互相促进。科协和学会工作是一件大事，任务很艰巨，要认真研究一下，订一个全面的长远的群众性科技活动的规划，报请中央批准。一步一步地走，但也不能太慢了，到2000年就剩下23年了，要赶快搞起来。"（中国科协档案：《全国科协简报》1977年第2期）。据说原中国科协的有关同志把钱学森与周培源谈话内容形成简报报送中央领导，对恢复中国科学技术协会的活动起了非常重要的作用。

运用学会组织更好地开展学术活动，不断提高学术活动的质量和水平，有着十分重要的意义，这不仅可使科技工作者花费最少量的精力时间，获得更多的收益；而更重要的是使学会的学术活动有效地为社会主义建设和科学技术事业本身的发展服务。

第六十九章 学术研究艺术之倡导学术讨论班

我国著名经济学家马宾教授在一篇文章的结尾处写道："大讨论班作为科学讨论形式，值得专门总结。钱学森同志倡导的大讨论班，培养了一大批学者和工程专家，祝它永存，发扬光大！"

讨论班的形式是钱学森当年在美国从事科研工作常用的方法。钱学森十分重视学术交流和不同观点的交锋。他把学术讨论班作为自己教学和科研工作的一部分。正是这种学术研究形式的创立，才使他能大跨度地转移他的研究领域并迅速取得成功。

一、钱学森倡导科学讨论班的思想直接来源于德国哥廷根学派；学术讨论班的成功要诀在于主持人的学术研究水准和畅所欲言

钱学森不仅亲自主持了许多科学讨论班，而且常常向人们介绍自己当年在美国加州理工学院跟随冯·卡门学习和工作的情景。对此，冯·卡门的学生和秘书 Sears, M. R. 在回忆文章《GALCIT 的冯·卡门年代》中也有过比较真实的记述：

> 冯·卡门来到后，GALCIT 活动日程的一个最重要的特色是每星期的研究会。它从不间断，要是卡门在帕萨迪纳，总是由他亲自任主席，否则就由克拉克·密利根（Clark B. Millikan）主持。在不同的机构里，"研究会"这个名称有着不同的含义。在卡门领导下，它是 GALCIT 基本上每人都简短地报告一下进展（或没有进展）的场合。所有从事研究的教授、访问学者、得过博士学位的人和学生都要定期作报告，至

少每周一次。每人都被要求说明进展情况。Sears, M. R. 作为系秘书，由主席向她口述每人结束所作报告时只有一句话的总结；一周或两周后，此人再被找来汇报时，把这句话向会议宣布。

大家在这种会议上作进展报告，制定计划，分配设备和使用的时间，确定出版计划。所有在场的人都向每个研究人员提供建议和帮助。显然，这种会议的成功首先取决于主席及其同事们广泛的兴趣、经验和判断；开诚布公地询问以及在老师和同事面前自觉暴露自己错误的精神也是需要的。主席的客观性和会议上友好的、不拘形式的气氛使得上述这些事情成为可能。

研究会确实是令人愉快的：对于正在进行着的研究有着巨大的热忱，其中遇到的困难被当成是好的研究工作所必需的挑战。研究项目通常被授予简短的、有时是精辟的绰号：我们回想起"蛋黄酱"问题，"白蚁"问题等等。卡门的高兴劲和惊异劲是有感染力的，例如，当某个复杂流动问题的描述原来可以表达为漂亮的数学形式时，卡门会嘲弄说："……啊，还是照 Whittaker-Watsaad 的菜单办！"克莱因"少校"同样十分高兴，正如常常发生的那样，当他巧妙地使用本地小百货或杂货铺货架上的物品，而解决了某人的仪器问题或实验室模型设备问题的时候。

在许多大学里称之为学术讨论会的，这儿叫作每周航空研究班讨论会。许多年里，由克拉克·密利根进行计划和安排。虽然报告有时是由飞机工厂或别处来的学者作的，但是，我们记得，更经常的报告人是加州理工的人员。GALCIT 全体教师一向都参加所有这些讨论会，占着前面几排，看起来一字不漏地听着。飞机工厂来的工程师们也总是在场。

被与卡门一起工作的那种美好情景所吸引，每年都有世界领先的团体和流体力学家来到 GALCIT，或长或短地待上一段时间。他们自然为航空研究班讨论会和其他课外的系统报告提供了非常理想的人才库。通过上述所描述的航空研究班讨论会联系钱学森几十年来倡导的学术讨论会，不难看出，钱学森倡导科学讨论班的思想直接来源于德国哥廷根学派的冯·卡门，学术讨论班的成功要诀在于主持人的学术研究水准和畅所欲言。

思想的火花在碰撞中闪现，真理的脉络在讨论中清晰。钱学森为了使学术讨论取得更好的效果，对学术讨论班的模式、风格，也是很有研究的。1984 年 6 月 25 日，他在航天医学工程研究所（现中国航天员科研训练中心）的一次学术讨论会上讲道："今天报告人很有系统地把这方面的工作给我们作了报告了，而且，用的时间很合适……我看提到的问题是很广阔的，很好的，都可以进一步考虑。我听了几位同志发言，都提到了更开阔一点的思路。就是说这些讨论的发言，真正起到了我们学术讨论会应该做到的事情。我觉得这个安排很好。今后也尽量能够做到这样子，每个发言做到一小时多一点，然后留出时间来。大家不要拘束，想到什么就说什么。真正做到百花齐放，百家争鸣。我是赞成学术讨论不必客气。前面加个帽子，后面还接个尾。这个不需要。学术讨论了，意思就是不成熟，拿出来供大家研究。这样，我们时间用得就更经济一点，真正做到了大家可以互相补充，启发。所以，我觉得今天安排得比较好。"（《人体科学与现代科技发展纵横

观》,190 页)

二、学术讨论与科学技术的创新发展

在讨论会上,同行们畅所欲言,交流信息,互换思想,茅塞顿开,时间短、收效大,往往有如"胜读十年书"之感。科学家们在学术讨论中伴随而来的是新思想的闪光,创造性思维的迸发。这种过程实质上是科学智慧组合而成的一种思维过程;这过程又反过来影响每一个人的思维。有道是"水本无华,相荡乃成涟漪;石本无火,相击乃生灵光"。

1982 年 12 月,钱学森在全国人大五届五次会议上发言中指出:"我们要承认,知识分子也受封建意识的影响,譬如对长者尊敬,这是好的,是我国传统的美德,但讨论学术问题就不能老师说了,长辈说了,就不提异议了。现在的学术报告会只是一个人在那里讲,而没有热烈的百家争鸣,不争鸣怎么能推陈出新,怎么能有学术的繁荣?所以我很担心这种冷场的局面。你要和他讨论问题,他表示很客气,这是不是也是怕说出来亮了自己的底,错了不好办?或者说对了,又怕自己的好见解被人家拿走了?这也是受封建意识影响的一面。因此,我们知识分子要正视自己的缺点,放下包袱继续前进。"

为什么学术讨论有激发创造性的作用呢?从信息论的角度来看,科学情报具有不可加性和不可组合性,即包含在科学情报中的信息,不是组成该想消息的信息要素的简单算术和,不可能对这些要素实行不同组合而不损害情报的含义。信息内容的非加和性与系统的非加和性是相互联系的,形成一定的结构方式。这种结构方式,通过信道的传递而向信宿系统转移就形成信息。在学术交流的信息接受过程中,伴随着新的结构方式与信宿原有结构方式的结合,就产生出新的信息。科技史上不同思想结合产生新思想的事例不胜枚举。学术讨论交流的最大收获往往不是获得多少新知,而是产生了多少新思想。

学术讨论,作为一种普遍采用的学术研讨方式,曾经产生过许多伟大智者和科学思想,形成的民主自由的科学精神,已经成为科学技术创新发展的必不可少的途径。把学术讨论作为研究学问的基本方法之一,并非现代科学所独有,古代学者就已经自觉地运用讨论这种学术研究方法。东西方历史上几乎处于同一时代的两位先哲——孔子和苏格拉底,就巧于运用讨论方式增进学问,传播思想,启迪后人。孔子的许多思想都是在与别人讨论问题时阐发出来的。影响了中国几千年的经典著作《论语》,就是孔子和其弟子谈话的记录。苏格拉底和人谈话,先假设自己对所谈问题一无所知,通过对基本问题的巧妙诘问,使对方的观点产生漏洞或自相矛盾,然后又引导对方自己思索,最终得出正确的概念和结论。他认为,这是使科学变得更加严密,使人变得更加聪明的必要方法。

学术讨论,为什么能推动科学技术的创新发展呢?首先,学术讨论有助于使科学经受严格检验,使研究结果获得正确解释。学术研究是探求真理,真理必须经过多种检验,包括实践的和理论的。其次,学术讨论,是一种开放的、集体的研究活动,它使科学获得广泛的理解,产生广泛的社会效果。古代虽然有学术讨论,但就整个学术界来讲,就学术活动方式讲,仍然是封闭式的个人单独研究。第三,学术讨论,以追求科学精神为最高原则,即民主的、平等的精神,求真的精神,创新的勇气,谦虚宽容、善于合作的态度等等。

这些精神都是学术讨论的必要条件。如果学术讨论缺乏这些精神，讨论者的动机不纯，缺乏科学工作者必备的道德修养，那么，讨论集体就会因内耗而涣散。讨论如果不是为了学术之争，而是为了个人或派别的荣誉和利益，科学活动就会误入歧途。在学术讨论中，学术观点的分歧是难免的，但不应该造成个人的成见。在这方面不仅哥廷根学派的冯·卡门和钱学森等堪称楷模，许多著名科学家如爱因斯坦、居里夫人和以玻尔为首的哥本哈根学派也是如此。玻尔把当时最有才华、思想最活跃的青年学者吸引到该学派，其中六人获得了诺贝尔奖。海森堡在回忆这段历史时说："很难说清楚谁对解决问题的贡献大，这是一种集体的天才，或者说是集体的创造性，是某种超乎每个物理学家个人才能之上的东西。"第四，说学术讨论能使人聪明，这是因为讨论是人和人之间的双向语言交流活动，较之个人单纯读书和静思。讨论的好处是：①交谈辩论促使大脑信息综合化、整合化，并能得到及时反馈，从而使信息的准确性和有效性大大提高，使知识的组合更合理、更可靠。②讨论以对话形式表达思想，必须同时调动视听等多种感官协调活动，并且还伴随着情绪情感、人格感染等多种心理活动，比单纯地听或单纯地看更能刺激大脑活动。大脑的生理结构表明，积极的情绪情感体验，对思维品质产生的影响，远比我们感觉到的要多，而讨论，特别是激烈的、针锋相对的讨论，更能有效地激发人的思想情绪。简单地说，智力活动不能没有情感。

1984 年 5 月，在一次学术讨论会上，钱学森用亲身的经历告诉年青一代科研人员要重视学术讨论。他说："因为自己从前当研究生时在国外，是尝到学术讨论的甜头的，那时候我是学航空理论的，实际上搞过一些空气动力学，后来搞过一些多学科结合的理论，这是航空科学很平常的东西。但是我在的那个学校里，比如说航空系的学术讨论会一个星期一次，我是必须要参加的，不但如此，而且我还要到别的系去听学术报告，当时我是个学生去听人家在说些什么东西嘛！从这个方面学到了现代化学、现代物理学一些新的讲法。我自己的感受是，虽然花一个下午，但对自己领域的工作开阔眼界，活跃思想是有很大好处的。现在同志们好像不太注意这个问题。总认为花几个小时去听一个不是我本行的东西，是浪费时间似的，这种想法是不对的。我奉劝有这种想法的同志千万不要这样做，这是最傻最傻的想法，你把门关起来等于把自己关死。我把自己的体会跟同志们讲，这是千真万确的事情，从世界的科学技术发展来看都是用学术讨论会的办法，即一个研究机构如果没有学术讨论会，没有一个活跃的气氛，那么这个研究机构大概就没有希望。"

三、钱学森亲自主持举办的学术讨论班

在钱学森归国之初，毛泽东主席曾殷切地嘱咐他，要为国家培养更多的科学技术人才。应该说钱学森终身都在践行着毛主席的这一嘱托。1956 年春，他组织指导了工程控制论培训班，工程力学班，火箭导弹培训班；20 世纪 60 年代组织了星际航行讨论会，物理力学讨论班和磁流体讨论班等；20 世纪 80 年代前期到 90 年代初期，钱学森先后指导了情报科学讨论班，思维科学讨论班，自然辩证法讨论班，人体科学讨论班和系统学讨论班；20 世纪 90 年代组织了 7 人学术讨论组。这些在不同时期组织的科学讨论班，不仅培

养了大量科学技术人才，拿出了一系列的科研学术成果，直接推动了科学技术事业的发展进步，更重要的是紧密联系社会主义经济建设和国防建设的实际解决了一系列的重大问题，为祖国的繁荣富强作出了贡献。

1. 工程控制论培训班

1956年，钱学森在中国科学院力学研究所举办工程控制论培训班，向学生传授他在美国的最新研究成果。200多名学员带着惊奇的目光，听这位传奇般的著名科学家以纯正的北京话授课。培训班的教材就是他的名著《工程控制论》，每周集中讲课一次，整整坚持了一年全部讲完。1999年9月，当年培训班的学员戴汝为院士接受记者采访，回忆起当年的情景，激动的心情仍溢于言表："我当时分在力学所。那时候钱学森刚刚从美国回来，任力学所第一任所长，所里大部分人也都是新中国成立后从国外回来报效祖国的。我们一到力学所正赶上学习钱学森的英文版《工程控制论》，每个星期，钱学森都要给大家讲一课。大家的学习热情特别高，有的还是从天津赶来的，就连当时的很多专家也跑去听钱先生讲课。"

每次听完钱学森的讲课以后，戴汝为和何善育就把中文笔记整理好，送去请钱学森修改。一年后，两人就这样完成了这部书的翻译工作。戴汝为说："那时候很多人就是受了这部书的影响选择了工程控制专业。我这个当时的年轻人也因为翻译了这部书，许多根本不认识我的人也都知道了我的名字。"在随后我国著名的"两弹一星"工程中，自动控制技术作为核心技术之一，取得了举世瞩目的成就。

2. 工程力学研究班

在钱学森的亲自规划操办下，由中国科学院力学研究所和清华大学共同主办、教育部出资的工程力学研究班于1957年2月正式开办。经各大学、研究所推荐的优秀应届大学、青年教师、研究人员120余人从全国各地来到清华大学，成为首届力学研究班学员。班主任就是钱学森，副班主任是清华大学副校长钱伟长，班委则由力学研究所副所长郭永怀及清华大学几位教授担任。力学班教师多由刚回国的力学专家担任，讲授的课程都是当时国际力学界最前沿的内容。首届力学班没有教材，刚从国外归来的教师们都凭自己的讲义讲课，钱学森也是如此。他为学员们上"水动力学"课，不仅讲航船，还把水利、泥沙、水波、高速流体都包括在里面。这批重点培养的学员后来均成为各领域的栋梁之材。

从1957年到1962年，在清华大学连续办了3期工程力学研究班和1期自动化研究班，学制2年，共为国家培养出大约400名高层次的科学研究和教学人才。

何友声院士是当年力学班党总支书记，因此，也经常参加由教师组成的班委会开会，逢年过节还代表班级到老师家慰问，因此聆听先生的教诲较多。有一次，力学班的同学问钱学森，为什么他回国一两年没有发表什么文章，他能不能在学术上带点头。钱学森回答说："我不这样认为，我回来开了许多班，如果你们都能做研究，那么一百多人做的肯定比我一个人做得多，贡献也大得多。"

3. 导弹技术训练班

开创事业人才是关键。1956年10月8日，在我国第一个火箭导弹研究机构——国

防部第五研究院成立的当天，钱学森倡导并亲自主持的导弹技术训练班开课。他拟定了导弹、空气动力学、发动机、弹体结构、自动控制、电子线路、计算机等有关专业的教学计划。除了他亲自讲授《导弹概论》以外，还聘请了任新民、梁守盘、庄逢甘、朱正等担任授课任务。参加学员是第一批分配来的156名大学生。这些大学生，学化工的、学纺织的、学机械的，就是没有学火箭、导弹的，他们中的好多人来时根本不知道让他们干什么。五院成立仪式刚一结束，会场就变成了课堂，由钱学森从一年级开始“扫盲”。他连讲了7课，第一部分是人造卫星，第二部分是导弹概论。这样的训练班，连续举办了3期。这些学员后来成为开创我国导弹航天事业的先驱。新中国的导弹航天事业就是在这种一边学习，一边讲课，一边结合具体工作，开展讨论研究，边学边干的情况下起步的。

4. 星际航行讨论会

20世纪60年代前期，中国科学院举办的星际航行讨论会，在科技界是非常有名的。1961年6月3日，在第一次星际航行讨论会上钱学森作了题为《今天苏联及美国星际航行中的火箭动力及其展望》的主题报告。钱学森的报告结束后，全国人大副委员长中国科学院院长郭沫若发表了热情洋溢的讲话。星际航行讨论会从1961年到1964年延续了3年，共举办12次，为我国发射人造卫星做了充分的理论准备。

40多年之后，当年协助钱学森负责星际航行讨论会具体工作的杨照德研究员，向人们讲述了当年星际航行讨论会感人的幕后故事。他说，第一次星际航行讨论会后，科学院裴丽生副院长把他叫到办公室说：“大家同意讨论会要继续开下去，为规划做前期的论证工作，每次由一位专家讲一个专题，会议由我主持，技术上由钱学森所长总负责，小杨协助钱所长做具体工作。”这对于刚参加工作的杨照德来讲无疑是一件高兴的事，他心想，参加工作没多久，就能到著名科学家钱学森身边当名办事员，这可是个好机会。有这样现成的老师在身边，遇到不明白的问题一定要及时请教。

出他所料的是，钱学森主动多次找他“单兵教练”，讲解星际航行、人造地球卫星等基本概念，使杨照德了解到星际航行中重点是重力、推力及惯性力问题。百忙之中的钱学森还系统地列出了星际航行讨论会的选题目录，指导杨照德请哪些科学家作专题报告，要吸取各家所长，活跃学术思想。钱学森还指导他开展星际航行与各学科关系的研究。杨照德说，三年来钱学森在讨论会上提出了许多新概念和设想，这不仅活跃了学术思想，而且为后来的卫星上马提供了技术储备。

杨照德还讲到，在举办星际航行大讨论班的同时，钱学森还组织了一个小型“科研管理研究班”。当时，导弹、探空火箭任务处于机密状态，对研制进展情况，科学院很多专家不能全面了解，空间技术任务与基础科学研究脱节，如何管理也是一个大问题。1962年11月开始，每星期一下午，杨照德、孔庆恩、姜伟等四人都要到钱学森的办公室，参加由钱学森主持，并亲自讲解的科研管理研究班。有一次讲解管理队伍建设问题时，钱学森指出：“搞管理，你们不但要有专业知识，还要有整体概念、系统思想、全局观念。要学习马列主义辩证法，要学习外语，要经常深入到第一线去，虽然不能懂到‘专’的程度，但对工程要求基本的东西，要有能力提炼，以便在处理问题时能顾及全面。”

6. 高超声速讨论班

20 世纪 50 年代末 60 年代初，钱学森和郭永怀在中科院力学研究所主持建造了激波风洞和其他设备，重点开展了高超声速方面的研究工作。在 1961 年到 1965 年期间，钱学森参加指导了由郭永怀主持的高超声速讨论班，讨论班每周一次例会，风雨无阻。参加的学者有北京地区许多老、中、青力学工作者。讨论班的活跃氛围颇有 GALCIT 的风格。这个讨论班开展了许多前沿领域重大课题的研究，为我国高超声速方面的研究工作奠定了基础。

7. 情报科学讨论班

1982 年 8 月到 1983 年 6 月，钱学森在国防科技情报研究所和国防工业出版社倡导和指导了情报科学讨论班，共计 40 余次。关于情报科学研究班的详细情况，笔者在《钱学森实录》（四川文艺出版社，2001 年）已作了介绍。

8. 人体科学讨论班

以中国航天员科研训练中心为依托，指导人体科学讨论班，从 1983 年 3 月开始，每周一下午举行一次学术讨论会，坚持到 1989 年 9 月，活动时间长达 6 年之久，举行讨论会数百次，钱学森在讨论会上作报告和总结发言 100 多次。1994 年，他将报告和总结发言汇集成《人体科学与现代科学技术发展纵横观》一书。

1987 年 4 月 27 日，钱学森在中国航天员科研训练中心一次学术讨论会上，对几年来坚持学术讨论会所取得的成绩作了满意的评价："我们星期一的科学讨论会已经进行了几年了，成绩很大。我们需要的是跨学科的学术交流，这可以使我们开阔眼界，开阔思路，这是非常重要的。要提高技术，知识面太窄不行。现在有些专家委员会的首席科学家知识面太窄，你让他站得高看得远几乎是不可能的，所以提高技术也就很困难。这是一个事实。开拓性的工作必须要知识面宽。我们周一的学术讨论会就非常重要。可以开阔每个人的科学眼界，集思广益，提高学术水平。"（《人体科学与现代科技发展纵横观》，448 ~ 449 页）

9. 系统科学讨论班

钱学森提出建立系统学之后不久，就想以系统学讨论班的方式，来开展系统学和系统科学的研究工作，并培养这方面的研究人才。1986 年 1 月 7 日，在钱学森亲自倡导和指导下，以航天科技集团 710 所为基础，举办系统科学讨论班。参加讨论班的老、中、青三代科技工作者，分别来自中国科学院、中国社会科学院、北京大学、北京师范大学、国防科工委、航空航天部和国务院发展研究中心及 710 研究所等单位。参加过讨论班的著名科学家和学者有，吴文俊、叶笃正、许国志、马宾、廖山涛、于景元、马世骏等，也有各有关学科领域的一些专家学者。1987 年《光明日报》对讨论班的活动作了阶段性报道。

讨论会每周举行一次，每次一个下午。每次学术讨论会都由一位主讲人作专题学术报告，然后提问讨论，最后由钱学森作总结发言。在这个讨论班上，他发表了很多重要学术思想，提炼了许多重要概念，总结和提出了系统研究方法，逐步形成了以简单系统、简单巨系统、复杂系统（包括社会系统）为主线的系统学提纲和内容，明确系统学是研究系统结构与功能（包括演化、协同与控制）一般规律的科学。

在第一次讨论班上，钱学森以《我对系统学认识的历程》为题，作了非常精彩的报告。

在这次报告中，他从现代科学技术体系结构讲到系统科学体系结构；从系统工程讲到运筹学、控制论、信息论，再到系统学。明确指出了系统学的学科性质，是关于一切系统的一般性理论，属于基础科学。

系统学讨论班从1986年1月开始一直坚持到1992年。钱学森坚持参加活动时间长达7年，举行讨论会近70次。由于身体原因1992年以后未能继续参加。讨论班在钱学森的指导下，围绕建立系统学这个中心目标，就与系统研究有关的学科理论，如非线性动力学、微分动力体系、混沌理论、自组织理论、超循环理论、突变论、系统动力学、现代控制理论、博弈论、定量社会学以及人工智能、气象学、生态学、医学、数量经济学、军事科学地理科学等学科的最新进展，组织学术报告和学术讨论，分析这些学科理论的得失，同时还就方法论和方法问题进行了广泛探讨，努力寻找处理复杂性的可行方法。钱学森不仅参加了每次学术讨论会，一方面认真听取别人的报告或发言，和与会人员平等地讨论，同时他也系统阐述自己的体会和观点。在这些学术活动和交流中，对系统学和系统科学，钱学森提出了许多创新的学术思想和重要观点，提炼了很多重要的科学概念，建立了新的系统方法论。所有这些对创建系统学和发展系统科学，都具有重要的科学价值和深远的学术影响。

2001年钱学森90岁生日前夕，学生们把他在这段时间所发表的有关讲话、论文和书信汇编出版了一部名为《创建系统学》的著作。通过这本书，人们可以看出钱学森的系统科学思想发展历程、许多原始创新思想以及系统理论与方法研究的深度与广度。这些进展也标志着钱学森的系统思想、系统方法、系统理论和系统应用进入了新的阶段，达到了新的高度。它是钱学森科学精神、科学思想和科学方法的重要组成部分。

10. 思维科学讨论班

1987年春，在钱学森的倡导与参加、戴汝为主持下，在北京大学举办了"思维科学讨论班"。2月28日，开班举行第一次讨论会，参加人员有北京地区各高等院校和科研院所的科研人员及学者。到5月16日共举行了4次讨论会，活动时间相对短一些。但后来，国家863计划中的306主题(计算机问题)有些类似活动，二者的基本目的与内容是一致的，可以把思维科学与智能机的研制结合起来。

11. 中央党校政治经济教学研究室微型讨论班

1988—1989年，钱学森曾参加中共中央党校政治经济教学研究室组织的"现代帝国主义研究班"和"社会主义文化讨论班"。在讨论班上也讨论了开放的复杂巨系统等问题。

12. "科协学讨论班"

1986年，钱学森担任中国科协主席以后，提出研究"中国科协学"具有的重要现实意义。他说："我提倡研究'中国科协学'，意思就是要研究我国的国情，研究党中央对我们科协的要求，研究和借鉴工会、共青团、妇联等团体和国外科技社团的经验，结合科协的性质、作用、宗旨和任务，进行总结、探索和创造。"并亲自主持了一个"科协学讨论班"，就科协与科协学的关系、科协和政治的关系、科协与科学技术的关系、科协与会员的关系、科协机关与所属团体及所属事业单位的关系、"自治"与"半官半民"的性质问题、提高科

协地位问题、县科协性质与地位问题以及科协的改革方向等问题进行了广泛的讨论。目的是调动广大科协群众研究自身工作的积极性，有效地推动科协工作的改革。

13.“科学与文化论坛”

钱学森在主持科学技术协会期间，倡导成立了中国科协促进自然科学与社会科学联盟工作委员会。该工作委员会从1988年5月到1989年5月在北京举办了“科学与文化论坛”，钱学森动员联盟工作委员会主任钱三强主持，自己每次到场助阵。举办“科学与文化论坛”的目的是要充分认识文化事业在整个社会主义现代化建设中的地位和作用，制定社会主义文化发展战略；充分认识科学技术在文化建设中的重要作用，确立包括科技与教育、社会科学和文化艺术在内的新文化观念，提高全社会的科学文化素质。

论坛每个季度举行一次，全面探讨科学与文化的关系，呼吁全社会发扬科学精神，提倡科学道德，讲求科学方法。论坛还邀请文学艺术界、哲学界、社会科学界、教育界、新闻出版界有影响的学者联合探讨了科学与文化、科技与教育、企业文化与农村文化、现代科学技术与马克思主义、新技术革命与21世纪的中国和世界等问题。钱学森几次在讨论会上带头发言。论坛在“五四”运动70周年之际出版了《科学与文化》论丛。

14. 七人学术讨论班

1992年以后，钱学森因为行走不便，就没有再组织和参加讨论班的学术活动了，但他仍继续关注讨论班的学术活动，同时又组织了由王寿云同志负责的，有戴汝为、于景元、汪成为、钱学敏、涂元季同志参加的七人学术讨论班。这个小型讨论班定期在钱学森家里组织讨论。这个小型讨论班不仅经常讨论一些纯学术问题，有时还在钱学森指导下研究一些现实问题，如信息革命与产业革命问题等等。

1996年，王寿云、于景元、戴汝为、汪成为、钱学敏、涂元季六人合著的《开放的复杂巨系统》一书由浙江科学技术出版社出版。作者在“前言”中写道：“80年代中期，钱学森同志亲自指导了‘系统学讨论班’的学术活动……钱学森同志曾参加讨论班的每次学术活动，每次都作启发性和质疑性发言。”“最近几年来，他因行走不便，不能参加讨论班的活动了，但仍以通信方式和我们讨论复杂巨系统及相关的问题，这本书的内容就是这种讨论的结果……本书各章是我们在钱学森同志学术思想的指导下写成的。”书后附有钱学森关于开放的复杂巨系统的书信整整40封。从中可以看出钱学森与合作者们，关于开放的复杂巨系统及其方法论这一学术思想和研究成果的形成和发展过程。

完全可以说，这本书既是系统学研究中的一项重要成果，也是七人学术讨论班的合作成果。

第七十章 学术研究艺术之重视学术刊物

本章首先阐述了学术期刊对于承载知识和学术研究的重要意义，着重介绍了钱学森主办学术刊物和长期支持和指导许多学术刊物和科学普及刊物的真实事例。凸显学术刊物在钱学森的学术研究中的重要地位。其中深邃的办刊思想和许多具体的做法，对广大读者和学术刊物的编审人员都会有深刻的启示作用。

一、学术刊物的重要性

自然科学学术期刊是科研成果的真实记录。它像一面镜子，反映着一个国家的科学技术水平。学术刊物是进行国内外学术交流的重要工具，是培养人才的园地，是记载科学成果的载体和文献库。在我国建设创新型国家的今天，各种学术期刊对于促进科学繁荣、加强学术交流，正在越来越显著地发挥出重要作用。科学工作者只有通过互相交流和探讨，才能使模糊的观点得到澄清，片面的思想得到修正，散乱的概念得到整理，不足的知识得到补充，创造性的火花得到触发，从而建立起智力协作关系，形成比任何个人的智力都要高得多的“集体大脑”。在这方面，学术期刊恰恰是这种智力协作的组织者和推动者。它所记载的多种多样的科学事实、思想、观念、数据、理论、技术、方法、构思和假设等，是知识宝库的珍藏和科学技术工作者的集体财富。此外，学术期刊也是发现和培养人才的“大学”。

关于学术期刊的重要性爱因斯坦有过一段很好的叙述：

科学研究的领域已大大地扩张了，每一门科学的理论知识都已变得非常深奥。但是人类智慧的融会贯通的能力总是被严格地限制着的。因此，无可避免地，研究者的个人活动势必限于愈来愈狭小的人类知识部门里。更糟糕的是，这种专门化的结果，使我们愈来愈难以随着科学进步的步调对科学的全貌作个哪怕是大略的了解，而要是没有这种了解，真正的研究精神必定要受到损害。情况的发展很像《圣经》中的巴贝尔通天塔的故事（这个故事是说：古代人类原很团结，想造一座高塔通至天上。上帝为之震怒，就扰乱人们的语言，使邻人之间都不能相通，人类从此分裂）所象征的那样。每一位严肃的科学工作者都痛苦地意识到，他们被违反本意地放逐到一个在不断缩小着的知识领域里，这是一种威胁，他会使研究者丧失广阔的眼界，并且使他下降到一个匠人的水平。

我们都已受到这种祸害，却没有作过任何努力来减轻它。但在德语世界里，终于有柏林内尔（柏林内尔即德国《自然科学》周刊的主编阿诺尔德·柏林内尔）出来，他以最可钦佩的方式对此作了补救。他明白现有的这些通俗刊物足以引导和鼓励外行的人；但是他也认识到，一个经过精心编辑、内容均衡的刊物，对于增进科学家的见闻是必需的，因为科学家为了能够形成他自己的判断，要求熟悉科学的问题、方法和结果的发展。通过多年艰辛的工作，他以巨大的才智和极大的决心献身于这个目标，为我们大家，也为科学服务，对此，我们无论怎样感谢也是不会过分的。

……

柏林内尔为科学的明晰性和广博的见解所进行的斗争，使科学的问题、方法和结果在很多人的心里获得了充沛的生命力。我们这个时代的科学生活，要是没有他的刊物，简直会是不可想象的了。使知识活了起来，并且使它保持生气勃勃，这同解决专门问题是一样重要的。（《科技发展与改革》，1992年第3期第1页）

二、钱学森主持创办的科学刊物

在我国著名科学中，钱学森对科普的重视和支持是人所共知的。他说过："人民给了我们知识，作为一个科学家，有责任再把知识还给人民，这是我们义不容辞的社会义务。"从他归国之初开始，几十年来始终重视办好学术刊物的工作。

1.《中国力学学报》

1957年2月10日，中国力学学会正式成立，钱学森为首任理事长。当月，由中国力学学会主办的我国第一个力学专业学术期刊——《中国力学学报》创刊，钱学森担任第一任主编，后来由著名力学家郭永怀接替。20世纪60年代，中国力学学会又在上海出版了《力学译丛》，20世纪70年代后期，还创办了《固体力学学报》和《力学与实践》等刊物。这些刊物都是十年动乱之后学术刊物恢复的先声。作为学会理事长的钱学森非常重视对学术期刊的领导，选聘最优秀的学科带头人担任各期刊历届主编。《中国力学学报》的中、英文版和《力学与实践》历年来曾多次获中国科学院、中国科协一、二等奖，是我国力学学科的权威期刊，在国际上也有较高的影响。

2.《中国科学》、《科学记录》

钱学森曾担任中国科学院编译出版委员会主任。1957 年 5 月 29 日，中国科学院编译出版委员会在力学研究所召开了《中国科学》、《科学记录》编辑委员成立大会。出席会议的有代表各科学部门的编委郭永怀、贝时璋、傅承义、王竹溪等，陶孟和副院长，编译出版委员会朱务善、宋之春二位副主任也出席致贺。钱学森首先提出《中国科学》和《科学记录》两个刊物的方针及具体工作的重要问题。钱学森特别指出，在科学史上，许多科学家认为是正规的办法，往往阻碍了科学的前进，今后必须依靠群众，相信群众，不要有所顾虑。

会议认为这两个刊物都应该办成综合性的刊物。《中国科学》是应该代表我国科学发展水平，除主动组稿外，仍然要从各学报选载有代表性的论文。对科学技术跃进的实践和实践后上升引出的理论以及实验观察的新发展，也应予以重视。

《科学记录》应是促进我国科学的发展，即必须对当前工农业的跃进起促进作用。《科学记录》的内容应以简报为主，对一些土专家的研究成果和文章应该予以重视。

稍后，编译出版委员主持召开了第二次会议，研究决定了两个刊物的具体实施方案等问题。随即两个刊物顺利出版发行。几十年来钱学森对这些刊物给予了很多指导和支持。

3.《自动化》(《自动化学报》的前身)

钱学森是中国自动化学会筹委会主席，第一届和第二届理事会理事长。他一贯重视学术交流，1957 年在筹备成立中国自动化学会的同时就创办了会刊《自动化》杂志，国内外公开发行。1961 年 11 月，中国自动化学会在天津正式成立，《自动化》杂志正式由学会主办，后来改刊名为《自动化学报》，仍由中国自动化学会主办。半个世纪以来，《自动化学报》为普及自动化知识和促进自动化科学技术领域的学术交流作出了重要的贡献。

三、几十年坚持关心和支持科普刊物——《航空知识》

《航空知识》是 1958 年由北京航空学院(现北京航空航天大学)创办的。在创刊之初，钱学森就对前来向他征求办刊意见的谢础(现为《航空知识》名誉主编)同志，给予了热情的指导和帮助，并为刊物撰写了《苏联火箭技术的跃进和宇宙航行的前景》(《航空知识》，1960 年 4 月号)一文。三年经济困难时期由于纸张紧缺，《航空知识》杂志暂时停刊，1963 年经中宣部批准复刊。聂荣臻元帅建议复刊后的刊物可以交给中国航空学会主办，作为向广大群众普及航空知识的桥梁。1963 年 11 月 24 日，钱学森接待了来访的中国航空学会筹委会主任沈元院士和《航空知识》复刊筹备人员谢础同志。谢础同志请钱学森为中国航空学会主办的《航空知识》第一期写发刊词，钱学森欣然应允，写了一篇热情洋溢的短文——《祝〈航空知识〉复刊》。他说："作为一个力学工作者，我的工作与航空技术有着密切的联系，因此对《航空知识》的复刊感到特别高兴，并在此表示祝贺，祝《航空知识》在这一项重要的科学技术普及工作中取得成就。"充分表达了他对普及航空科学技术知识的期望，也为刊物指明了努力实现的目标。

1964 年 2 月 29 日，钱学森在中国航空学会成立大会上报告结束后，到友谊宾馆礼堂贵宾室休息。这时，谢础同志向他请教如何办好航空科普刊物。钱学森说，看了复刊后的这个杂志，内容很好，版面、美术也很受欢迎，我已经写信给《科学大众》，让他们向《航

空知识》学习；现在的问题是要精益求精。科普杂志是办给广大群众看的，要有正确的立场和观点，要经常学习领会中央的方针政策，把它贯彻到编辑计划中去。一个刊物一定要有自己的特色，特别是要同西方资产阶级的办刊思想划清界限，不要人云亦云。他还答应以后会写信或打电话提出意见，刊物有什么问题也可以随时找他。谢础请他继续给杂志写稿，他也答应了。

2000 年 11 月，中国科学院资深院士、航空知识编委会名誉主任沈元在给航空知识编委会六届一次扩大会议的贺信中说："我记得钱学森同志在 70、80 年代曾几次写信给航空知识编委会，对如何办好航空普及刊物提出过一些很好的意见，特别是他早在 80 年代初的一封信里，就预见到民间群众性航空活动的发展，在我国是大有前途的事业，希望《航空知识》大力提倡和宣传。"

国际宇航科学院通信院士朱毅麟研究员在一次会议上讲到："同《航空知识》的交往，差不多快 40 年了。60 年代初，我们有个四人小组，在钱学森教授指导下，对星际航行作些探索。1963 年筹备成立中国航空学会的时候，谢础同志向钱学森教授约稿，介绍星际航行。钱学森教授让我们四人小组起草，写成《漫谈星际航行的近况和远景》一组三篇文章。文章写好后，用'钱星五'的笔名，在《航空知识》1964 年上半年发表。笔名的含意，是在钱学森指导下的五人合作。那时，'航天'这个名词还没有提出来。到了文化大革命后期，1973 年《航空知识》得到中央批准准备恢复出版，谢础同志又向钱学森教授约稿，钱老就让我们几位同志起草，写成一篇《航空·航天·航宇》的文章，用'郭放晴'的笔名，发表在 1974 年 1 月号《航空知识》上。这是'航天'这个词首次面世。这个词是钱学森教授自己提出来的。"

在"文化大革命"中一度停刊的《航空知识》，1973 年再次复刊，钱学森一如既往关心和爱护这份刊物，对于杂志的选题和内容每年都要给予具体指导。这里引述一封 20 世纪 70 年代后期钱学森给该编辑部的信：

《航空知识》编辑部同志：

同志们春节好！

我要向同志们检讨！去年我在你刊选题计划上写了"用马克思列宁主义、毛泽东思想的立场、观点和方法，来总结半个多世纪以来航空技术在资本主义国家和社会主义国家中的发展，然后明确我国航空事业的任务"。这个题目显然太大，我又未加说明，使同志们难办！现在我来说明一下：

我想我们是社会主义国家，我们应该走我们自己的道路。我们究竟该怎样贯彻党的路线，让航空技术为我国社会主义建设作出更多的贡献呢？第一位的当然是加强国防力量，准备打仗。第二位的是民航。但一个大问题是如何发动全国人民来发展航空事业，没有亿万人民群众参加，光靠航空工业、空军和现在的民航的工人、干部、指战员、科技人员似乎还不够。有没有发动更大范围的人民群众的可能？这就要看航空技术能不能和我国的经济建设实践联系起来，如飞机在农业生产、石油勘探等方面的应用，一定还有许许多多其他方面的应用。因为有这么广泛的应用，到 2000 年我们要有几万架直接为工农业生产服务的

飞机、直升机。如果这个前景是对的，那就应该像抓农业机械化那样去抓，让民用工业以至县办工业去造、去维修这种(当然是低速的)飞机和直升机。能造滑翔机的地方也能造这种飞机；能造摩托车发动机的地方也能造小型活塞式航空发动机。这样航空技术就在日常生活中同亿万群众连在一起了，我国的航空事业也就有了广泛的基础。外国的民航主要是客运，我国的民航能不能主要是为工农业生产直接服务呢?

我去年说的总结外国的经济，找出我们自己的路，主要想的是以上讲的这个问题。不知道这样看问题对头不对头? 我向同志们请教，错了请批评。

如果说的是对的，那《航空知识》就要宣传飞机在工农业生产上的应用，就要宣传"土法"造飞机。关于这个"大题目"就说到这里。

关于选题，提以下两个建议：

1. 玻璃纤维、纤维、石墨纤维、化硅纤维等和塑料、金属结合成的复合材料；

2. 揭露两霸在战略武器上限制是假，搞竞赛是真，分析其二十年来的演变。

《航空知识》复刊以来是越办越好的。祝同志们在新的一年里取得更大的成绩。

此致

革命的敬礼!

钱学森

在这封信里我们看到钱学森对选题问题的看法：一是科普杂志要有自己的特点；二是要密切结合国防建设和国家经济建设的需要，既普及知识，也要促进生产。同时，我们更看到了钱学森对这份刊物所寄予的期望、细致周到的指导和热情的鼓励支持。

四、"我们应该办好一个系统工程的科学普及性刊物和一个系统工程方面的学术性刊物"

在20世纪70年代末期推广普及系统工程伊始，钱学森就特别重视办好学术刊物的工作。1979年10月11日至17日，他在北京"系统工程学术讨论会"闭幕式上作了题为《大力发展系统工程尽早建立系统科学的体系》的报告。他在报告中建议："为了宣传和交流系统工程的工作，我想我们应该办好一个系统工程的科学普及性刊物和一个系统工程方面的学术性刊物。我们还要出版一套系统工程方面的丛书。"他还为办好系统工程的科普刊物提出了样板，他说，"参加这次会议的有《航空知识》的谢础同志，他这个刊物办得好，大家爱看；我们系统工程也可以办一个，同《航空知识》比赛!"在钱学森的倡导下，中国系统工程学会很快筹办了《系统工程理论与实践》。这本杂志为推广和普及系统工程发挥了很大的作用。

五、钱学森支持和爱护《大自然探索》杂志的感人故事

经过3年多的筹备，大型的综合性的自然科学学术期刊《大自然探索》终于在1982

年8月创刊了。到1982年11月,已出了两期。刊物创始人、主编杨超同志(当时任中共四川省委书记)于同年12月上旬到北京参加全国人大会议,他想趁此机会向北京的科学家们组稿,就叫《大自然探索》编辑部的王益奋同志跟他一起去了北京。

他们到北京后,第一个要拜访的就是钱学森同志。钱学森不仅在全国科技界有崇高威望,四川的科技工作者对他还怀有特殊的感情。钱学森和杨超不止是工作上的关系(杨超当时在四川省委分管科技工作),杨超于20世纪30年代在延安就是马列学院哲学研究室主任,他们俩对马克思主义哲学都有很深的研究。两位老人在很多重大问题上看法一致,在工作中结下了深厚的友谊。

杨超给钱学森打电话,要去看他。钱学森却连说"不敢当",坚持要来看杨超同志。1988年12月8日上午9时,钱学森来到国家建委招待所杨超的住所,同来的还有国防科工委副主任张震寰同志,他们俩都穿军服,增加了威武之气,但态度很和蔼,平易近人。

在此之前,杨超早把办《大自然探索》的缘起和宗旨向钱学森提过,所以当王益奋把《大自然探索》1982年第1、2期送到钱学森和张震寰同志手里,钱学森说:"你们四川为科技界办了一件大好事。"杨超请他们多批评指导,王益奋请他们为《大自然探索》写稿,钱学森风趣地说:"写是想写,可肚子里没有货呀!"

钱学森和张震寰专心翻阅杂志,当钱学森看到第1期上《科学家论坛》专栏中刊登了一组"文人相助,相见有益,大力协助,共同提高"的文章,这是杨超同志主持召开的科学家座谈会的发言纪要,钱学森说:"提倡科学道德,这个问题很重要。科学道德是跟科学本身联系着的,不提倡科学道德,科学本身也将会遭到破坏,也不能发展。"

钱学森翻着杂志的标题,说:"内容很丰富,紧密联系当前经济建设的实际,很有特色,我要带回去好好学习。"然后,他抬头望着王益奋说;"你们的装帧设计要改进,封面太灰暗。四川印刷条件还可以嘛,应该搞得好一点。科技期刊和图书一定要注意封面,装帧设计及印刷质量。"王益奋连连点头称是,表示以后一定照钱学森的意见办。

钱学森这个意见很重要。因为在当时,自然科学的书刊较普遍地忽视装帧设计及印刷质量,一般来说,不及社会科学书刊做得好。至于《大自然探索》杂志,因编辑部没有专职美工人员,封面及版面设计是临时请人帮忙赶出来的,比较粗糙,色彩灰暗。回来后,杨超亲自给有关部门做工作,调进了美工人员,改进了装帧设计。杨超还亲自到印刷厂了解情况,使杂志在用纸、印刷等方面有了较大的改进,受到广大科技人员的好评。

"小意见"出了大问题。1982年12月13日,也就是那次见面后的第5天,钱学森已全部看完了《大自然探索》第1、2期的文章,并给王益奋写来了三页纸的信。信中热情鼓励他们:"贵刊已做到各类文章齐全,万紫千红,读来既有兴趣又深得教益,只要坚持下去,必能在科技刊物百花园中,引人注目。"钱学森在肯定《大自然探索》成绩的同时,接着写到:"我想趁此机会,对改进编辑出版提出以下几点小意见,供您参考。"

"小意见"共提了六条。第一条仍是关于封面设计的。《大自然探索》刊物是"立足四川,面向全国,走向世界"。为了突出四川特色,在1982年1、2期封面正中有一个四川地形图。钱学森在信里认为刊物中的文章内容已超出四川,没有必要把四川地图放在封面正中。"为了不使四川形象太突出,可考虑每期用一幅四川景物的彩色照片。"钱学森

这个意见是完全正确的。《大自然探索》遵照钱学森的意见重新设计了封面，并在封三封四不固定地适当发一些四川自然景观的照片，既宣传了四川的景物，又增加了美感。后来，自然景物照片来稿增多，每期刊物已广泛选登全国和世界各地的景物照片。这样，使《大自然探索》名副其实地成为全国科技界的刊物。

钱学森信中后几条意见是关于刊物编排标准化、规范化的问题。他从四个方面来说明编排标准化规范化的重要性。一是数学公式和方程式的排字和插图绘制应统一；二是学术刊物要“便于交流”，要向读者提供抽印本，为此他要求《大自然探索》页码上方排字式样也要调整；三是刊物既然分栏，就应按分栏先后排文章，他指出第 2 期上有一篇论文排列顺序不够恰当。钱学森在信中要《大自然探索》在编排上“参考科学出版社的科技刊物，如能达到科学出版社的标准就好了”。

随着我国改革开放和国际学术交流的需要，科技期刊编排标准化、规范化越来越重要。而这个问题，钱学森同志早在十多年前就考虑到了，可见他的远见卓识。

钱学森信中第五条意见，提出刊物要贯彻“百家争鸣”的方针，他建议“为了发表不同于流行的学说和观点，贯彻‘百家争鸣’的方针，可否再辟一栏（可以名为‘探索’），专载有不同意见的文章。”钱学森这个意见和主编杨超的意见完全一致，《大自然探索》刊物在他们的支持和指导下，在开展“百家争鸣”方面作出了努力，学术思想活跃，引起了国内外科技界的重视。

科学刊物必须严肃严格。钱学森对《大自然探索》杂志的关心、指导是一贯的，特别是随着形势的发展，他向编辑部提出了新的要求。

1986 年 1 月 22 日，钱学森给王益奋写了一封信。他在信中首先肯定：“《大自然探索》内容丰富多彩，气氛活跃，我心里是高兴的。”接着他就提出了一个问题：“原来和贵刊竞赛的国内刊物主要只有《大自然》，定多还有个翻译美国 Scientific American 的《科学》，现在又多了一个上海科技出版社复刊的《科学》。这一方面表示我国科学技术的繁荣，可也提出一个问题，四个刊物如何办得各有特色，互相促进，不知你考虑到了没有？”

对此王益奋说，我们当时只管埋头编刊物，并未“考虑到”这个问题，钱学森这封信，提醒我们科技期刊的编辑们，要有竞争意识，根据出现的新情况新问题，不断作出新的努力，改进工作，才能不断提高刊物质量，保持和发扬刊物的特色。

钱学森在这封信中指出：“科学刊物当然首先必须严肃严格，贵刊这一点上是注意的，但也有些小毛病。”他举了两个例子：一是 1985 年第 4 期《物理学危机产生及其实质》。钱学森说：“该文说的‘物理学危机’实是早已过去的事，不是当前的事，所以似应加上几个字说明，如‘19 世纪末 20 世纪初物理学危机的产生及其实质’就好了，免得误解。”钱学森举的第二个例子是同期发表的《大运河与海运》一文。钱学森肯定了这篇文章，但指出：“唯末尾说要对大运河在新时代的社会经济作用进行探索，这就好像作者还不知道我国已经开始了规模宏大的大运河改造工程。”钱学森在信末谆谆告诫：“当然，这都是小毛病，但编辑部也不要放过。”钱学森指出的“小毛病”，不是从这封信才开始，早在前面提到的 1982 年 12 月 13 日的信中就提出《大自然探索》1982 年 2 期上有两篇文章的英文题目“翻译似不妥，文字不通顺”，他还把这两篇文章原来的英文题目用蓝色笔抄在

信笺上，然后又用红笔在上面作了仔细的改正。编辑部的同志无不为钱学森认真一丝不苟的精神所感动！

大家知道，钱学森的时间是十分宝贵的，特别是他担任了全国政协副主席、科协主席以后，工作更加繁忙。但是，当1986年9月《大自然探索》编辑部陈奎宁、谢华去北京拜访他时，他欣然约见两个多小时，钱学森对如何办好科技期刊、做好科技工作谈了不少重要意见。当谈到我国科技体制改革时，钱学森问陈、谢："你们怎样看潘毓刚批评温元凯这件事？"

钱学森在谈话中，针对这两篇文章，发表意见说：

温元凯的改革意见是可以提出来的，对或者不对，可以在实践中检验一下。潘教授对其他人学风方面有意见，就是他在科学工作中不诚实。这个问题在科学中是不允许的，是绝对不允许的。在国外，如果发现某个人在科学工作中做了假，那就等于他在科技界"出名"了，那是很严肃的事情，当然还没有法律上的条文规定。这种事在美国一年也只不过发现几件，不是没有，但很少，比例很小。但无论哪个科技工作者，一旦发现他搞假，那他就完了，就不能再搞科学，只能去卖冰棍去。我为什么要提这个问题，我是希望我们的报刊，至少是科技报刊要明确这个问题，不知道不要紧，但如果发现了，那就要给予揭露。科学嘛，错误难免，没有错误也就没有正确，但不允许作假。我希望你们《大自然探索》树立一个榜样：反对在科学工作中不诚实、不脚踏实地的学风。

真正做学问的人，不会首先自己亮在前面，一天到晚天南海北吹一通。对这样的人，应该有一点敏感性。

温、潘的文章发表，距钱学森这次谈话已有两年多时间，而钱学森还记得那么清楚，说明钱学森对科技体制改革争论的重视，和对科技界一些弄虚作假现象的深恶痛绝。

现在，离钱学森谈话的时间，又过去了20年，科学工作中不诚实、不脚踏实地的问题依然存在，有的还相当严重。科技期刊的编辑工作者，要学习钱学森一贯重视提倡科学道德的鲜明态度，像钱学森所希望的那样，在提倡科学道德、端正学风、反对弄虚作假方面做出应有的努力。

六、"把刊物办成独特的、中国式的、真正研究未来的杂志"——《未来与发展》

《未来与发展》杂志在1980年4月创刊时钱学森就受聘为顾问，他始终关怀着这份刊物的成长和发展，对办刊方向和研究重点，提出了许多指导性意见。他不仅多次与编辑部领导和工作人员座谈讨论办刊问题，而且还给编辑部写信具体指导，这里我们转录一封。

《未来与发展》编辑部：

对贵刊今后的方针有些想法，写在下面供你们考虑：

（一）一个刊物总要有自己的特点。什么是《未来与发展》的特点？不能与一般研究国民经济和社会发展的刊物一样，因为这是中国未来研究会的刊物。

（二）是中国的，所以必须以马克思主义哲学作指导，必须贯彻党中央和国

家的方针政策。是未来研究会的，必须着重于未来，科学地预见中国的未来。这完全是可以办到的，因为科学的社会主义就正确地预言共产主义社会制度必然代替资本主义社会制度，从而给我们开创了成功的先例。

（三）《未来与发展》可以着重论述十五年到五十年后的中国发展，为此也当然会涉及到这个时期世界的可能发生情况。这样就一方面结合我国国民经济和社会发展的长远规划，一方面又为它作准备工作。当前就是研究1995年到2030年中国的事。

（四）因为预见未来必须是科学的，不能瞎猜，所以文章万万不能写成所谓“科幻小说”那种东西！

钱学森

1983年1月5日

1983年8月，中国未来研究会在黄山召开“公元2000年的中国”学术讨论会。会前，钱学森对这次会议非常关心，于7月16日在他的办公室亲切地接见了《未来与发展》编辑部的王建新和韦锡新同志，就“公元2000年的中国”研究等问题谈了自己的意见。

1985年2月14日，《未来与发展》编辑部召开新春座谈会，钱学森在百忙之中欣然出席，并作了精彩发言。他结合邓小平同志“三个面向”等一系列指示说：“我们要看得更远些，不仅要看到当前的、2000年的，还要看到21世纪30年代、40年代、50年代的发展，21世纪中叶正好是《共产党宣言》发表200周年的时候，经过我们的努力，中国那时将会实现《共产党宣言》中所展示的景象。对这样的具有历史意义的时代，正是《未来与发展》应当瞄准的年代。”钱学森又说：“要看得远，就要有一个指导思想。我们中华人民共和国是中国共产党领导的国家，是用马列主义基本原理指导我们行动的国家。马列主义的基本原理要与中国实际相结合，我们不能脱离中国的实际。虽然，研究长远的问题很难，只要我们把握了方向，有正确的指导思想，加上充分利用现代科学技术，我们就能科学地预见未来。”同时，钱学森还进一步指明了《未来与发展》的办刊方向。使到会者受到极大鼓舞。

1985年11月7日，钱学森在他的办公室里又一次亲切接见了《未来与发展》编辑部同志，就进一步开展未来研究和办好《未来与发展》杂志等问题，发表了重要意见。钱学森强调指出：“中国的未来研究是用马列主义作指导的，目的是很明确的，要走向共产主义。”“马列主义是人类智慧的最高概括，这一点不能忘，也是最重要的。”钱学森还讲道：“未来研究会和《未来与发展》杂志要研究的问题，应当是今后50年或今后半个世纪的问题，要看到建国100周年，要看到21世纪上半叶。”并且明确指出：“要把研究人员引导到研究21世纪为主的方向上来，敢于做外国人做不到的事，敢于做马克思、恩格斯当时想做而来不及做的事，把刊物办成独特的、中国式的、真正研究未来的杂志。”谈话再次为《未来与发展》指明了办刊方向。根据钱学森的倡导，中国未来研究会与《未来与发展》编辑部引导和组织我国各界学者，以“21世纪的中国和世界”为主题，先后就工业、农业、经济、社会、教育、科技、军事等领域举行了一系列学术座谈会和研究活动，引起了广泛的反响。并在此基础上，组织编写了《21世纪的中国和世界》丛书。

1990年4月，在《未来与发展》创刊10周年之际，钱学森致信编辑部指出：“要回顾

10 年走过的历程，总结成就，检讨失误。对搞资产阶级自由化的人，要表白态度。明确提出：中国未来研究会要建立并研究马克思主义未来学，为中国的社会主义建设服务。"

在《未来与发展》杂志创刊 10 周年之际，编辑部组织撰写了题为《壮心不已、奋斗不息、着眼未来——学习钱学森同志的高尚情操》专文，以表达他们对钱学森同志的敬意。在这篇专文的结尾处写道："回顾中国未来研究会和《未来与发展》杂志 10 年的发展历程，我们之所以能较好地坚持四项基本原则，为社会主义现代化建设事业的发展作出一点贡献，与钱老经常、及时地指导、关怀是分不开的。"

"年逾古稀的钱老还在雄心不已地、孜孜不倦地为把我国的科学技术水平赶上世界先进水平而奋斗不息。榜样的力量是无穷的。我们要响应中央领导同志的号召，学习钱老一心为祖国、一心为人民的高尚品质和共产主义情操，一丝不苟的治学态度，坚定的马列主义信念和科学的世界观，把中国的未来研究，尤其是关于'21 世纪'的研究工作搞得更好。"

七、办一个真正像样子的科学刊物——《中国人体科学》

1982 年，在人体科学研究的初期，钱学森在中国人体科学研究会筹备委员会第三次全体委员扩大会议上就讲道："按照耀邦同志的批示和中宣部的《通知》，我们还可以办一个内部交流的刊物。我们不要分散力量，办一个真正像样子的科学刊物。花花哨哨的那些东西不要，这个篇幅难能可贵啊！办这样一个刊物，历史上要站得住，要高质量的、严肃的论文和文章……我建议这样的刊物只办一个，不要这里也搞，那里也搞，分散力量。"

在这一段简短的话里，钱学森对这本刊物的层次定位、内容范围都作了非常明确具体的说明。

1986 年 5 月 26 日，在中国人体科学研究会代表大会上，钱学森再次提出创办刊物的事。他说："我们在酝酿一种刊物。震寰同志说一年要一万元。我让大家议论，还得想办法把这个钱掏出来。这个刊物还是要办的，我看办人体科学这个刊物还是有必要的。现在，中医的刊物最多，有 30 多种。气功大概有 10 种左右。原来研究人体特异功能也有几种。现在，我们搞人体科学，搞一种总是应该的吧！联系到刚才说的这个问题，我们的刊物不是简单的，要办成为很严肃的学术刊物。但不那么清高，还沾点泥呢，就是涉及社会问题。我主张这个刊物每一期都有社论。社论就是讲人体科学与社会问题。行不行？"

这一段话对人体科学这本刊物作了进一步的说明，更为具体而有操作性。

八、钱学森支持学术和科普期刊数例

钱学森对许多刊物和杂志都给予过热情的鼓励和支持，与许多刊物和杂志社都有过密切的往来，20 世纪 50 年代为《知识就是力量》、《科学大众》等杂志撰写文章。20 世纪 80 年代为新创办的科普杂志《科学大观园》提供珍贵的资料，以热情鼓励和鞭策。但是限于篇幅我们只能简单地集中列举数例以见一斑。

1."一个科学刊物应该有自己的特色"——《自然杂志》

《自然杂志》自 1978 年 5 月 15 日在上海创刊伊始就受到了钱学森的关注，很快他就连续赐寄重要论文给予支持，比如《关于思维科学》、《系统科学、思维科学和人体科学》

著名文章。

1980年6月4日，钱学森借去上海出差之机，专门抽出半天时间，亲自登门访问了这家小小的杂志社，看望了编辑部全体编辑人员，与编辑同志们亲切地座谈了一个多小时。钱学森认为一个科学刊物，应该有自己的特色。他首先肯定了《自然杂志》已经形成了自己的特色。他说："从古以来，人没有能动地去发掘人体的潜在能力，今后应该用现代科学技术去进行研究，自觉地发掘人的潜力。所以对中医理论、对气功、对特异功能，都要进行研究，最后都可以归结到开发人的潜力上来。这些方面你们都有了，这就是你们的特色。"

钱学森说："对于中西医结合、气功和特异功能，是有不少反对意见的。这也没有关系，大家一起研究嘛！对于人体，对于自然，科学不能解释的地方多着哩！一项新的科学发现，在刚提出的时候，总是有人反对的，科学史上这样的例子太多了。总要有人带个头，首先提倡；带头的人也总要受到反对，因此要有勇气，要挺住腰板。科学研究中很可贵的就是这种精神，在现代化建设中也要有这种精神。《自然杂志》在这方面是带了头的，所以我一定要来看你们一次，向你们表示敬意。"

在与编辑同志们就《自然杂志》已发表的具体文章进行了讨论之后。钱学森最后说："《自然杂志》的特色已经形成了，但是还要发展，把探索新领域的精神扩展到各门人体科学中去。他鼓励大家要胆大心细，对发表的文章更要注意严谨。他说：我看《自然杂志》这个刊物是大有希望的，你们的工作对科学是有贡献的。"

杂志主编贺崇寅同志代表编辑部全体同志对钱学森的鼓励表示衷心感谢，决心积极改进工作，以期不负科学界前辈的殷切关怀。

2.《现代化》

《现代化》杂志是中国科学技术协会直接主办的一本科技普及刊物，钱学森担任科协主席期间曾给予过很多指导和支持。他经常向《现代化》杂志推荐稿件，写信提出办好刊物的意见和建议。我们只要留心翻阅一下20世纪80年代的《现代化》杂志，便可看到钱学森对这份杂志的关爱和支持。

3.《文艺研究》

《文艺研究》是文学艺术界的一份重要学术刊物，但人们很难想到钱学森与《文艺研究》会有那样的密切往来。他不仅多次亲自到《文艺研究》编辑部作学术报告，参加学术座谈会，还在他自己的办公室约见《文艺研究》编辑部的领导和编辑同志，畅谈文学艺术和文艺理论问题。20世纪80年代中期钱学森在《文艺研究》杂志上发表过多篇重要的理论性文章。

4. 钱学森致信《新华文摘》编辑部提出办刊建议

《新华文摘》是钱学森非常喜爱的一份综合性学术月刊，钱学森把它视为各级领导干部学习的好教材，是一份中级科技普及的好读物，自然对它的期望也是很高的。下面就是钱学森写给《新华文摘》编辑部的一封提出办刊建议的信。

《新华文摘》编辑部：

我是《新华文摘》的一个经常读者，从中得益甚多，因此要感谢你们。

我不知道《新华文摘》的任务是什么，我自己从阅读中得到的体会是：一月

一次的学习文库，对象是有中学以上水平的干部，特别是高级干部。现在中央十分重视干部的经常学习，以适应社会主义现代化的需要，《新华文摘》可以为此作出很大的贡献。办得好，成为干部自习的必读书刊，人手一册，每期发行量可以到几百万。

如果真是这样，我对如何办好《新华文摘》，可以提一个建议，增加科学技术方面的比重：

我们的广大干部，对现代科学技术不很熟悉，常识性的知识都比较缺乏，影响他们的工作效率。但现在的《新华文摘》科学技术的篇幅太少，不到十分之一。以1982年5月这期论，政治22页，哲学19页，经济22页，历史30页，文艺80页，人物29页，教育14页，科技24页，书刊介绍等32页。文艺、人物是否过重？我建议调整比例。

为了加强科学技术的比重，编辑力量是否也要调整？要从更广泛的科技文献中选取合适的东西(我以为中央人民广播电台每晨6时的科学知识有可取的材料)。此外也要有眼力，识别优劣真假。

我提到科技编辑力量，是因为看到1982年5月号233页有摘自《大自然》的一篇《宇宙会膨胀吗?》。那是个无知者的议论，天文学家是会认为笑话的。科学家对“大爆炸宇宙学”是有争论，但不是那篇文章中所说的那大套“理论”。这样的文章不宜摘用。

当然，我这样说，可能都是废话；仅供参考。

此致

敬礼！

钱学森

1982年6月1日

5. 钱学森致信《世界研究与发展》编辑部讨论刊名问题

《世界研究与发展》编辑部：

我一直收到贵刊，对此我表示感谢！

我对贵刊的刊名有点意见：

“世界研究与发展”虽系英文刊名“World R&D Report”的直译，但“R&D”在英语其含义是清楚的，即科技研究与开发。一旦直译为“世界研究与发展”则容易误解为对世界的研究与对世界发展的展望。因此我建议考虑将刊名改为《世界科技研究与开发》。

请酌

此致

敬礼！

钱学森

1993年1月26日

第七十一章 学术研究艺术之广泛的学术通信

书信是钱学森和同道探讨学术问题、指导年轻学者研究工作的一个重要方式。在书信中，钱学森提出了许多开创性的学术观点和学术思想。如果按学科领域对钱学森与其合作者的通信加以系统地整理研究，不仅可以看出钱学森各个时期学术思想形成和发展的过程，也可以发现钱学森及其合作者们许多重要研究成果是通过学术通信形成的。

几十年来，钱学森一直坚持用工整的字迹与他的学术同道并给来信求教的青年亲笔回信（仅笔者看到的就超过 1 000 封之多），与他们探讨各种学术问题，帮助他们提炼思想，指明方向。在全国各地各个行业难以数计的有作为的科研人员和学者，都曾得到过他的谆谆教诲。

一、学术通信——一种很好的非正式学术交流结构

1983 年 3 月 14 日，钱学森在人体科学开班式上的报告中谈到："我对人民来信也很尊重，我发现人民来信中尽管有的时候提的问题不对，但是你在读他这个不对的信的时候，你脑子开动了，有时后这可以使你通过这个不对的东西而得到一个对的东西。你更清楚了，这个不对，那什么对呢？是不是这样的呢？我现在常常收到一些信，讲永动机的可多了，净是发明永动机的，有的发明的永动机里还挺巧的。你说的是永动机，要把它说清楚还不容易，那么你在不容易当中是不是要动脑筋呢？最后你对他这个永动机算是搞清楚了为什么不行。所以，不是不对的东西都是有害的，我说在科学讨论中不对的东西也有贡献。"

科学作为一种社会现象，不论是科学家个人的认识，还是科学共同体的远行，都是一个社会过程。从社会学的角度来看，科学最重要的社

会过程之一是科学交流。按照美国社会学家门泽尔的说法，科学家之间的交换书信和出版物以及科学情报工作本身，都是科学交流的基本过程。随着社会的不断发展，科学交流的范围是很广泛的，门泽尔从社会学化的程度把科学交流分为非正式过程和正式过程。

非正式过程带有明显的个体性质，其社会化过程，基本上取决于科学家参与这种或那种科学交流过程的特点。正式过程是指以利用科学文献为基础的广义的科学交流。一般意义上的交流是指科学家个体之间借助他们共同的符号系统进行情报交流。情报过程也应该从广义上理解，不单单是指利用馆藏图书情报。早在上世纪60年代，英国有关部门对500名化学家、物理学家、生物学家利用情报的情况就说明了这一点。科学交流在非正式的和个人的层次上，有一个随机过程的范围问题，西方的社会学家们常常用案例形式探讨一些科学家为什么和某些人交流而不和另一些人交流的现象。这说明科学家之间的非正式过程的交流已经引起社会学家们的广泛重视。但是，无论如何，非正式的个人交流结构与正式的交流结构同样具有十分明显的科学交流功能。最主要的有两点：一是传播、推广最新的科技情报；二是促进、激发新的科学思想的创造。

二、钱学森学术通信简单统计情况

在撰写本章时，笔者仅就手头资料作了个简单统计：

(1)《科学的艺术与艺术的科学》(钱学森著，人民文学出版社，1994年)收入钱学森关于科学与艺术的书信13封。

(2)《论地理科学》(钱学森等著，浙江教育出版社，1994年)附关于地理科学的书信75封。

(3)《开放的复杂巨系统》(王寿云、于景元、戴汝为、汪为成、钱学敏、涂元季著，浙江科学技术出版社，1996年)"附：钱学森关于开放的复杂巨系统的书信"40封。

(4)《论人体科学与现代科技》(钱学森著，上海交通大学出版社，1998年)钱学森关于人体科学的书信42封。

(5)《思维科学研究》(赵光武主编，中国人民大学出版社，1999年)"钱学森先生给戴汝为关于思维科学的部分信件"14封。

(6)《钱学森与现代科学技术》(北京大学现代科学与哲学研究中心编，人民出版社，2001年)"附录二：钱学森的部分书信"25封。

(7)《钱学森论第六次产业革命通信集》(中国环境科学出版社，2001年)收入了1983—1999年16年间钱学森关于"第六次产业革命"的学术通信186封。

(8)《创建系统学》(钱学森著，山西科学技术出版社，2001年)"创建系统学——通信篇"185封。

(9)《论宏观建筑与微观建筑》(钱学森著，杭州出版社，2001年)收入钱学森关于园林学、城市学、山水城市和建筑科学的书信181封。

(10)《形象描述语言学》(杨春鼎著，中国文史出版社，2005年)收入钱学森与作者等人关于思维科学的书信24封。

(11)笔者收集到的和全国各地学者寄给笔者的有230多封。

仅上述 11 项统计钱学森的学术书信就超过 1 015 多封，虽说上述书中所附书信有极少数是重复的，但未统计的也许更多。笔者不知道钱学森是否创下了著名科学家学术通信的世界之最，但肯定是屈指可数的。据笔者了解钱学森与不少学者的通信都在 50 ~ 60 封以上，与个别学者的通信达 80 封以上。一封封学术通信犹如一幕幕电影，在向世人展示着中国学人在一个特别时代作着艰苦卓绝的努力，在开拓着钱学森所倡导的"大成智慧学"事业。完全可以说，钱学森的学术通信是我国学术事业的宝贵财富，我们不仅应该珍爱和保护好这些财富，更应该去研究和利用好这些财富。

三、钱学森在学术通信中提出了许多创世纪的科学思想

钱学森一直坚持给来信求教的中青年人亲笔回信，也一直坚持用工整的亲笔与许多学科领域的科学家探讨问题与提炼思想。书信是钱学森宣传他的马克思主义哲学信仰、用马克思主义哲学指导科学研究，以及吸取科学成果来不断深化与发展马克思主义哲学的一条途径。1981 年秋至 1982 年夏，钱学森同中国社会科学院一位朋友的多次通信，是他品格的一个方面的真实生动的写照。他在给一位朋友的信中说："我近 30 年来一直在学习马克思主义哲学，并总是试图用马克思主义哲学指导我的工作。马克思主义哲学是智慧的源泉！而且一个马克思主义者是绝不会不爱人民的，绝不会不爱国的。"钱学森在给中国科学院一位院士的一封信中说："量子力学的哲学问题已经吵了 50 多年了，还没有解决，近来验证了贝尔（Bell）不等式，问题更严重了。我认为我们中国的物理学家和哲学家应该投入这一研究，并比较满意地解决它，也在此过程中发展马克思主义哲学。"

《中国社会科学》曾发表过钱学森多封学术通信，给人们留下了深刻的印象。其中，1980 年第 6 期发表的《关于形象思维问题的一封信》，是 20 多年来被学者们引用率很高的一封。当时的编者按说：钱学森的信"提出了在研究思维规律科学中一些值得重视的问题，给人们以启发"。我们不妨将全信转录于下：

吴廷嘉同志并沈大德同志：

我很高兴地读了你们的来信和文章。我也很高兴能结识你们这两位青年知识分子。谨提出以下几点看法，供你们参考：

（一）我同意一般说来，提出形象思维和抽象思维是指思维形式而并非思维内容，或说我们是要研究其思维规律而不是其具体过程和结果。抽象思维不等于哪一篇科学论文。

（二）我也同意形象思维和抽象思维都是社会实践的结果。其实一切人脑活动是在生物的因素的一定限制下，通过社会实践的作用而形成的。生物因素大概通过 DNA 遗传密码，人的审美和美感也是如此，所以我倾向于赞成李泽厚同志的美学观点。

（三）我想人的思维不限于两种：形象思维和抽象思维。应该看看还有什么其他形式。不要关门！

（四）我认为创造性思维中的"灵感"是一种不同于形象思维和抽象思维的思维形式。文艺工作者有灵感，科学技术工作者也有灵感，它是创造过程所必

需的。凡是有创造经验的同志都知道光靠形象思维和抽象思维不能创造，不能突破；要创造要突破得有灵感。而灵感出现于大脑高度激发状态，高潮为时很短暂，瞬息即过；而形象思维和抽象思维则可以持续一个相当长的时期，人说"废寝忘食"嘛。

（五）灵感是综合性的。人脑的综合功能是非常重要的，如：（1）视觉图像的形成；（2）自幼全盲的人也能作画，画出静止或飞转的轮子，这也是盲人通过触觉和听觉等的感受在大脑中综合成的图像（New Scientist，1980 年 2 月 7 日，第 386 页），"盲人摸象"的故事要修正了；（3）人体特异功能。

（六）研究思维科学不能用"自然哲学"的方法；得用自然科学的方法；即不能光用思辨的方法，要用实验，分析和系统的方法。所以说要脑神经解剖学家、脑神经生理学家、心理学家、计算机专家、人工智能专家、语言学家、逻辑学家、哲学家等的集体努力。

外国近来这方面发展很快。如 1972 年英国的神经生理学家和电子计算机专家 A. Hendrickson 夫妇就提出一个解释大脑活动的理论，（见 New Scientist，1980 年 1 月 31 日，第 308 页的大致介绍），那是比较深刻的理论，联系到信息编码、神经细胞、胞突结合体、前胞突膜和后胞突膜、膜间信息传递机理……当然也不完备，还有不能解释的地方，但已深到分子运动的水平了。

所以我们要能读外文。

此致

敬礼！

钱学森

1980 年 7 月 1 日

在这封信里我们不仅看到了所讨论问题的深刻、广泛、前卫，我们更看到了一位大家对后辈的尊重、平等、期望。也正是因这次学术通信，而又有了他们后来在学术研究上的合作。

钱学森、沈大德、吴廷嘉联名在《历史研究》1986 年第 4 期上，发表了《用系统科学方法使历史科学定量化》这样一篇向历史科学推广应用最新自然科学方法成果的重要文章。这篇文章是钱学森于 1985 年 12 月提出基本思想，并写成部分文稿。沈大德、吴廷嘉参加讨论并续完。最后由钱学森审定全稿。1986 年《新华文摘》全文转载。

学术界都知道："从定性到定量综合集成研讨厅体系"的思想，是钱学森晚年提出的一项创世纪的重要科学思想。然而，这样一项重要科学思想正是钱学森在 1992 年 3 月 2 日，给王寿云将军的信中提出的。这是继 1989 年钱学森首先提出的从定性到定量综合集成理论的深化，实现途径和应用形式。它汇总了下列成功经验：（1）几十年来世界学术讨论的 seminar 经验；（2）从定性到定量综合集成法；（3）C^3I 及作战模拟；（4）情报信息技术；（5）人工智能；（6）灵境（Virtual Reality）技术；（7）人机结合的智能技术；（8）系统学；（9）第五次产业革命中的其他技术。

就实质而言，这个研讨厅体系是综合集成了现代科学理论和技术手段与专家体系一起构成的高度智能化系统。它由三个体系构成：知识体系、专家体系、工具体系（以计算

机为核心的高新技术成果构成)。这个研讨厅体系不仅具有知识的存储、传递、共享、调用等功能,更重要的是具有产生新知识的功能,是知识的生产系统,既可以用来进行理论研究,也可以用来进行应用研究。虽然这个研讨厅体系还处在实施阶段,但这个创世纪的科学思想,却给我们指出了一个非常重要的方向。

四、钱学森为学术通信交流树立了一个典范

钱学森非常喜爱通信学术讨论。他晚年几乎将此当作一项事业,他不仅与国内很多科学技术工作者和文化学术工作者进行广泛的通信讨论,而且每封信都用一式的纸,一丝不苟地工整书写。

这其实就是一种当今行之有效的学术研究方式,现在我们姑且称其为通信学术研究。我想,这些通信资料其实就是无价之宝,也是人类的宝贵文化财富,理应让更多的人认识它,应用它,分享它。

其实,这样的通信讨论还具有一般学术讨论会所没有的优点,它不仅经济花费很少,不需场地、招待之类的经济开支,不受时空方面的过多限制,却能充分发挥学者们的思维功能,可以使学者从容不迫地思考学术问题,从而激发起精彩的思想火花。期间也可以随时修正学术观点,完全没有面对讨论时那种激烈紧张的"窘态"。

其实,很多萌芽状态的创造性思维往往并不是在公开发表的报刊上出现的,而是在科学家和学者们的通信中露头的。这些萌芽状态的创造性思维犹如人类思维海洋中的精彩浪花。也正是这些精彩浪花汇成了人类创造的海洋。

事实上,文化学术是人类社会的重要组成部分。文化学术事业也是社会性的活动,它并不是单纯的个体行为,所以,科学文化必须充分交流才能有益于社会的进步。学者们的通信交流自牛顿时代就已受到学术界的重视,日久则成了一种传统的文化学术交流方式,直到今天也还没有失去其价值。1970 年代,英国著名的科学社会学家约翰·齐曼在他的著作《知识的力量》中也仍然强调:"'私人通信'在今天仍然有它的重要性,这从詹姆斯·沃森(James Watson Dewey)1935 年 5 月 12 日写给马克思·迪布鲁克的信中就可以看出,信上解说他们刚刚发现的 DNA 分子的结构模型,沃森和克里克(Francis Crick)模型。然而必须承认,现今有一种使这种通信公开出版的强大趋势。我们甚至有了专门的杂志,比如刊名《物理学回顾的信件》的杂志,专门刊登短信,报道有想象力的科学发现。这对于整个科学界是有益的。这类杂志的创办只不过是使以前唯一迅速传播科学思想的方法——私人信件,进入了公开发表的领域。"钱学森在谈到研究社会思维时也曾说过:"这个问题在我们国家是个重要问题。因为在我们国家,不但是学术空气不浓。就是一个集体当中,封锁、闭塞、闭关自守等现象也是非常严重。这是违反社会思维学的规律的。"他还认为,人的思维是集体的。人们要认识客观世界,不但要靠社会实践,而且还要利用过去人类创造的精神财富,要靠知识。在学术讨论中,互相不理解,不沟通,毫无共同语言,固然不行,但是一风吹,一言堂,一个人说了算,也是出不了新成果的。钱学森还说过:"在学术讨论中,不是每个人讲的都是正确的,错了也没关系。我们中国人现在好像错了就下不来台似的。我认为不然,在讨论中,讲错话,提错意见的人,对于最后得出的正确结论也是有贡献的。"显然,通

信学术讨论属于社会思维，是人类群体的思维。钱学森从20世纪70年代以来就力求在中国推广学术通信讨论，力求弘扬这种学者的优良治学传统。我赞同钱学森这一举措，希望当代的学术通信讨论事业越来越兴旺。

在历史长河中，文化学术思想是不断发展的，学术上没有永恒不变的结论。在通信讨论中获得启发其实比死守住一些陈旧结论更有意义。

通信资料似乎也反映了这场社会变革活动，其中涉及诸如生命科学、思维科学、系统科学、自然科学、哲学社会科学、军事科学、医学、地理科学、数学、环境科学、行为科学、宗教文化、东方传统文化、饮食文化、文化艺术等全人类共同关心的学科。参与这场时代性大讨论的学者中既有一流的科学家与学者，更有大量多学科领域的中青年学者，他们分布在祖国大陆的各省市自治区、台湾和香港地区以及东南亚等国家。这些学术通信的时间已从1970年代末持续到了21世纪，从而真正成为跨世纪的学术通信讨论。其规模之大，时间跨度之长，涉及内容之丰富似乎都是史无前例的。有学者将其称之为“跨世纪的通信讨论”。

钱学森早在1980年代中期就认为，在意大利兴起了人类历史上第一次文艺复兴之后，必将会在中国兴起人类历史上第二次文艺复兴。事实上，钱学森自20世纪70年代末以来所开展的一系列科学文化学术活动正在催生着这项伟大的事业，也正在促进数以百计文化新秀的成长。

参与以钱学森为核心的这场学术通信大讨论的学人之间是有很深学术缘分的，其中的通信已不只是一般的私人通信了，而是华夏民族的智慧结晶，其中所串联着的是一颗颗炎黄子孙的赤子之心，他们忧国忧民，以极大的爱心关切着人类的命运，希望人类进步，希望社会发展与世界和平。钱学森与学者们的通信实际上是中华热土上迸发出来的华夏之声。为这曲华夏之声伴奏的是滔滔黄河，是悠悠长江。这就是跨世纪的时代强音，人类进步的声音，其中还有人世间最美好的友谊和爱心！

第七十二章

钱学森的思维艺术

科学的真谛不是自身“展示”，而是靠认识主体——人去发现、揭示和掌握。面临现代科学总体革命的挑战，人的思维模式向何处去，乃当代学术界讨论的热点问题，各国学者纷纷投入这一研究的目的，在于寻求顺应世界科技潮流的思维方式的方向和途径。钱学森作为杰出的战略型科学家、思想家，他有他自己的思维艺术，他有他自己的思维方式，他以他独特的思维方式，创造了辉煌的科学成就，建立了科学独特的思想体系。在这一章里，我们就从思维艺术的角度来审视钱学森的思维特色。从钱学森大量的思想成果形成的过程中提取出他最擅长的若干种思维形式，以便广大科学技术工作者和学术工作者学习借鉴。

1. 哲学思维

钱学森的哲学思想的形成，就是钱学森哲学思维艺术的结果。钱学森的每一篇哲学著作，都带有理论和实践相统一的特征，这是因为他研究、探讨和发展马克思主义哲学理论的出发点，是为了解决我国社会发展和科学技术发展中具体实际问题。因此，对马克思主义哲学的巧妙的继承和发展，体现了钱学森的哲学思维艺术。

2. 辩证思维

辩证思维是钱学森的思维特色之一。具体说，主要表现在两个方面：首先，以对立统一规律为核心的唯物辩证法。马克思、恩格斯创立了唯物辩证法，提出了它的研究对象及其基本规律。列宁提出了对立统一是辩证法的实质和核心这一深刻见解，他把辩证法用于认识论，为我们留下了一部《哲学笔记》，毛泽东的《矛盾论》对列宁关于辩证法的实质和核心学说，进行了全面的开拓和引申。钱学森深得其精神

实质，继承和发展了马克思、恩格斯、列宁和毛泽东的辩证法思想，使之更为系统，更为具体，总结出一系列辩证的行之有效的学术思想和学术研究方法；其次，以实事求是，从实际出发为特征的辩证唯物论。辩证唯物论是钱学森哲学思维的基础。

3. 理论思维

恩格斯说过："一个民族要想站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论思维。"（《马克思恩格斯选集》第3卷，第467页）科学不是感想，不是时髦，不是猜测，科学应该是"学"，是脚踏实地不离经验又超乎经验的理论思维。

钱学森的哲学思想和科学观与方法论，是钱学森思想体系的理论基础，更是钱学森理论思维的精华。钱学森哲学思想总的特征就是理论（马克思主义哲学）和实践（现代科学技术发展的实际和人类社会发展的实际）的统一。具体说，就是以实践为基础的能动的反映论。马克思、恩格斯首先把实践纳入认识论，并把实践的能动性用于反映论，指出认识的目的是为了改造世界。毛泽东在《实践论》中对认识和实践的辩证关系，以及认识过程及认识总规律等一系列认识原理，均作了科学表述。钱学森在他的一切科学研究活动过程中特别重视发扬自觉的能动性的思想，创造性地把认识论和科学技术实践的观点结合起来，总结出了理论联系实践的科学技术研究方法。其次，以事物基本矛盾为根据的历史唯物论。钱学森总是能够从历史唯物主义的观点出发，揭示事物发展的规律，从而建立了现代科学技术体系的完整理论。

4. 战略思维

钱学森是一位极为少见的战略型科学家，他非常重视从战略的高度研究问题和预见问题。在20世纪60年代初，就提出了对付来自海上侵略的低空超声速导弹的问题。事实上，欧美等国家直到20世纪80年代才提出了这一问题，足见钱学森的远见卓识。

5. 形象思维

钱学森说过："科学研究并非都是逻辑思维。恰恰相反，科学创造性活动最核心的那一部分是形象思维，是在对事物的已知认识的基础上猜的。最后验证是逻辑思维。天才的发现是从不天才的工作得来的。"形象思维的特点就是寓抽象的事物于具体的形象之中，使人看得见、摸得着、想得到，深入浅出，容易明白，它常常运用想象、联想、比喻等形式，并蕴涵着深刻的哲理和美好的理想，启迪人的心扉，激发人的热情，使人产生一种冲动和力量。

6. 灵感思维

钱学森很注意捕捉灵感思维，发挥灵感思维神奇的力量。他曾以早年经历谈过灵感："灵感思维是人们在日常生活中真有的。我自己就有过多次，解决了研究中遇到的难题。这都是在半梦半醒时发生的。现在我想，这是在正常清醒情况下，头脑中框框多。阻碍大跨度的思维，所以在半梦半醒中突破障碍，见到事理。"当然，只有在长期艰辛的探索后才会出现灵感的闪光，而且它本身还需要进一步用逻辑去检验。

7. 创新思维（大跨度思维）

钱学森在1994年2月7日的一封信中说："讲讲我个人在研究问题中的创新过程。在30年代中期到40年代初，当我碰到疑难问题时，苦思不得其解，总是形象（直感）思

维,甚至是灵感(顿悟)思维解决问题。这就说我头脑中框框太多,不能从理论上触类旁通,得靠形象,甚至靠梦境。这种困境,后来逐渐缓解,不用做梦了,推敲一阵子就能看出问题所在。但真正做到触类旁通是在懂得了科学技术以及知识体系之后。"

钱学森在1994年2月13日给钱学敏的一封信中说:"跨度越大,创新程度也越大。而这里的障碍是人们习惯中的部门分割、分隔、打不通。而大成智慧学却教我们总揽全局,洞察关系,突破障碍,从而做到大跨度地触类旁通,完成创新。"钱学森自己一直注意在极其广泛的领域中钻研并取得了卓越的成就。

8. 系统思维

钱学森的系统思想,反映在科学研究的方法论上,自然就成了科学思维的系统方式。系统思维方式在考察事物系统时,主要表现为三个特点:其一,要把握系统的整体性,从整体上去看系统的各个部分及其内在联系与结构关系;其二,要认识系统的层次性,包括分清不同层次的特殊性,贯通不同层次的共同性和高层次对地层次的控制性;其三,要了解系统的相关性,既要看到系统与其外部环境的相互作用关系,揭示系统在环境中的表现,又要注意系统内部各个部分之间的相互作用关系,一部分的变化引起其他部分的连带相关变化。

9. 整体思维

钱学森总是习惯于把相互关联的事物作为一个完整的、有机的体系、进行系统的分。他常说:"要从整体上考虑并解决问题。"他自己便善于中西贯通,使具有东方色彩的整体论和西方的还原论这两种不同的思维方式结合起来,并与现代科学技术体系知识熔铸在一起,赋予整体的思维方式以严谨的科学性。

10. 宏观思维

所谓宏观思维,其实质是从层次结构的角度出发考虑问题的一种思维方法。

11. 综合集成思维

钱学森特别善于批判地综合集成一切有用的知识,因而总能在无边的知识海洋里,不断发现鲜花遍地的绿洲。钱学森越到老年越显露出他那强劲的综合集成的思维艺术,这从他的《人体科学与现代科学技术发展纵横观》一书中可以清晰地看到。

12. 大科学思维

在钱学森的科学技术实践生涯中现代大科学的实践是最重要的组成部分,所以,大科学思维方式自然也是他的重要的思维方式和特色。在讨论钱学森的思维艺术时是不能忽略大科学思维的。钱学森运用大科学思维的最典型的成果就是他提出并构筑起一个极具创新性的、科学合理的、张扬着科学美的现代科学技术体系。

13. 比较思维

爱因斯坦说过:"知识不能单从经验中得出,而需要从理智的发现与观察到的事实两者的比较中得出。"有比较,才有鉴别。比较可以让人科学地分析和理性地思考。比较可以让人区分是非、辨别真伪、认清优劣。比较可以弥补人们自身能力的不足,一点一点积累知识,一步一步逼近真理。俗话说"不怕不识货,就怕货比货"讲的也就是这个道理。钱学森善于运用比较的方法来分析问题和解决问题,这就是他的比较思维艺术。

钱学森比较思维的过程是：首先掌握第一手材料；第二是对材料进行分析综合，即去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的加工处理（实际上就是进行比较）；第三是再分析比较的基础上作出判断决策。

钱学森比较思维艺术的特点是：在比较时既注意事物的整体性，又注意事物的统一性，即除了在整体上把握事物的特点外，还应研究事物的层次结构；在比较时注意同历史科学的结合。不能就事论事，而要以历史材料作为参照系，进行纵向比较；在比较时注意质和量的关系。注意量的多少、质的好坏，又要注意量对质的影响、质在量的影响下的变化；在比较时注意事物之间的可比性。相比较的事物应是同类或近类，否则，比较就失去了意义。

19 世纪以来，比较法对科学技术的发展所起的重要作用越来越明显了，这在自然科学中是一目了然的，因此，对于科学技术工作者或从事学术研究的人来讲，应该认真学习和运用钱学森的比较思维艺术。这不仅有助于我们提高思维科学化程度，也将促进我国各项事业的发展。

14. 借鉴思维

钱学森通过借鉴古代某些思想方法，中国传统文化中的科学态度、科学的思想方法，创立了钱学森的系统科学思想，从整体上考虑并解决问题的整体科学观等，很值得我们深思。对于那些以为改革开放就是彻底否定传统文化的人更是如此。其实，全盘否定和全盘肯定同样有害，不过，后者是民族保守主义，而前者则是民族虚无主义。

20 世纪 70 年代以来，钱学森从自然科学领域奔向社会科学领域，提出了许多令人耳目一新的观念和学说，很多都是借鉴了自然科学领域里的最新成就，比如他提出的“宏观经济学”、“微观经济学”、“数量经济学”和“文艺学”以及文艺学里的文艺体系学等等，都体现了钱学森借鉴思维的艺术。

15. 超前思维

着眼于未来，还是着眼于过去，这是两种不同的思维取向，表现了两种不同的世界观。前者是乐观的，进取的，充满活力的；后者则是悲观的，保守的，散发着暮气的。科学研究需要有超前的意识，超前的思维，这是钱学森的一种重要科学思想，也是他的一种重要思维方法。钱学森作为一个杰出的战略型科学家，思维活动极为活跃，为常人所不及。他立足现在，放眼未来。当人们为眼前纷繁复杂的事物而感到困惑的时候，他已经在探索、规划着未来了。正如许国志院士所言：“钱学森的科学思想至少比同时代人超前二三十年。”

我国著名航天科学家孙家栋院士曾经讲过：“我曾多次听钱老的讲课，至今记忆犹新。60 年代，钱老就说，现在的战争讲‘地、海、空’，还应当加一个‘天’，叫‘地、海、空、天’，将来的战争必然会发展到空间，到那时候将会是一场‘天军’、‘天战’。他当时的科学分析和预见虽然有人认为离现实太远，但过 30 年到 40 年，他当时的科学预见便得到了验证，也是我认识到科学创造和发展永无止境。”孙家栋院士讲得很清楚，钱学森提出关于“天军”、“天战”的概念，至少超前一般人们的认识 30 年到 40 年。

1985 年，钱学森建议进行拟建“三峡省”的实际调查研究。他认为不能只把三峡问题看成是一个水坝问题，三峡地理环境条件与瑞士比较相似，希望能建成“东方的瑞士”。

从钱学森的建议到 1998 年第九届全国人民代表大会决定建立重庆市算起，他超前 13 年；从 1989 年 12 月钱学森提出政治文明，到 2002 年党的十六大阐述政治文明算起，他超前 13 年；从 1993 年钱学森提出全面研究西部开发问题到 2001 年国家决定西部开发算起，他超前 8 年。

科学的预见，是钱学森超前思维艺术的精品，他的核心就是科学。没有科学依据、科学态度和科学方法的预见，只能是巫婆的胡言乱语和算命先生的主观臆测。科学则是脚踏实地不离经验而又超乎经验的理论思维。钱学森关于科学预见的思维艺术在于：通过对客观事物的研究，分析它的历史和现状，找出规律性的东西，从而对它的未来的发展趋势作出科学判断。20 世纪 50 年代，钱学森关于火箭导弹技术、航天技术发展的科学预见，就是他运用辩证法这个锐利的武器，全面透彻地分析了第二次世界大战以来科学技术发展趋势之后而得出的判断。20 世纪 80 年代，钱学森关于科学革命、技术革命、产业革命的科学预见，同样也是全面透彻地分析了世界科技、政治、经济、文化等各方面的情况及发展趋势之后而得出的判断。钱学森关于科学预见的超前思维艺术，也是科学和艺术的有机体，主要有几个方面组成：

首先，重视科学预见的作用。科学预见在推动自然科学发展能够发挥惊人的指导作用，自古以来是显而易见的。无数事实证明，没有科学预见，人们只能在黑暗中摸索、徘徊、行动就带有盲目性，像在茫茫大海中航行，没有明确的航向，不清楚目标和航道，难免触礁。概括地说，科学预见一是能够明确地指出事物发展的前途、道路，可以减少曲折，避免走弯路；二是它能使人知道自己的奋斗目标，高瞻远瞩，树立起坚定的信念和必胜的信心。正因为如此，钱学森常常要把科学预见展现在人们面前。

其次，这种超前思维的科学预见是从实践中来的，是建立在实际经验基础之上的。世界上没有一个科学预见是那一个天才人物头脑里固有的。科学预见从形式上看，他走到了实践的前头，从实质上看，它正是前一段实践的总结和认识。一个科学预见的提出既不能靠书本上的现成结论进行抽象的判断，也不能靠客观现象材料的收集和罗列，而只能靠用科学的方法对客观事物进行具体深入分析。

第三，科学预见要受到实践条件的制约。毛泽东说："一般来说，不论在变革自然或变革社会的实践中，人们原定的思想、理论、计划、方案，毫无改变地实现出来的事，是很少的。"（《毛泽东选集》合订本，第 270 页）这个意思就是说，一个人只能在一定时代条件下进行认识世界、改造世界的活动，他的认识总要受历史条件的局限。事物的本质有个暴露的过程，人的认识能力也有个发展过程。因此，科学预见总是反映着一定的实践水平，绝不能脱离这个水平。认识到这一点非常重要，他可以使我们对任何正确的理论和科学预见采取实事求是的态度，不要把它看成是一成不变的东西，来束缚自己的手脚。随着实践的发展，人们的认识不断深化，因此，往往要对原来的理论和科学预见进行修改和补充，这也是理所当然的事情。预见是不是真正科学的，要由实践来检验，看实践的结果是否能达到预期的目的。只有这一个标准，没有第二个标准。钱学森在许多场合用实践的观点阐述过科学预见的必要性、可能性和局限性，这是对科学预见和实践之间的辩证关系的最好的说明，这也是钱学森超前思维艺术之所在。

16. 超常思维

前面说的超前思维主要强调的是想得比较远。所谓超常思维，是一种打乱习惯的思维模式，冲破常规、寻求变异的思维。他包括求异思维、发散思维、侧向思维等。它的特点就是科学性、进攻性和创新性。如果能把这种思维的流程用文字表达出来，开始也许会让人感到百思不得其解，中间往往感到妙趣横生，最后感到茅塞顿开，从而受益匪浅。钱学森善用这种思维方法，因为它能产生令人振奋的思维艺术效果，从而在人们思索之后，解决一个个严肃的问题。

在钱学森的科研活动和著作中，这样的例子不胜枚举，充分展现了钱学森科学的、进攻的、独特的超常思维艺术。仔细品味，确实怡人而醒世。

17. 逻辑思维与非逻辑思维相结合的思维方式

逻辑方法是科学研究的理论思维方法。众所周知，理性认识比感性认识更真实，更深刻，更接近真理。正如列宁所说："一切科学的（正确的、郑重的、不是荒唐的）抽象，都更深刻、更正确、更完全地反映自然。"钱学森借鉴近代著名哲学家熊十力把人的智慧分为"性智"和"量智"的观点，并加以新的解释和发挥，强调科学家既要能从局部到整体，从量变到质变中掌握"量智"，更要能从"质"上从整体的、形象的感受上入手认识事物，侧重在文化、艺术、医学等方面，拥有"性智"。从思维方式上看，这实际上是要求逻辑思维与非逻辑思维并举，使科学思维方式和艺术思维方式相结合。他本人便不仅拥有广博的科学知识，还拥有一个绚丽多彩的艺术世界。从 1994 年他出版的《科学的艺术与艺术的科学》一书中我们不难发现这一特点。

第七十三章 钱学森的演讲艺术

著名科学家钱学森不仅知识渊博、思维敏捷、兴趣广泛、勇于开拓创造，而且口才极好，语言生动形象，他的讲演既能使人开怀大笑，也能令人颔首称道、遐思无限，堪称为有自己独特风格的演讲家。近20年来，钱学森在系统科学、人体科学、思维科学、计算机科学、管理科学等方面作过多次学术演讲，并曾应中央党校、中央电视台、中央人民广播电台等部门邀请，为省级高级领导干部做了多场专题演讲与报告、讲座，都收到了很好的效果。钱学森的演讲内容大多涉及当代尖端科学技术发展的高深问题，属于学术性演讲，但他在表述上却十分平易浅显，真正做到了深入浅出、通俗易懂。在这一章里我们准备从三个方面来介绍钱学森的演讲艺术。首先，就钱学森的演讲特色做出几点概括；其次，欣赏他演讲的部分精彩片段，第三，听听钱学森自己对演讲的经验之谈和看法。

一、钱学森善于用口语化的通俗语言，化高深为浅显

钱学森在演讲中从来不去堆砌大量的专用术语，让人费解。相反，为了让更多的听众接受理解演讲的内容，他尽可能少用有关的科学术语和公式，而用人们懂得的知识来说明道理。比如1980年中央电视台举办系统工程讲座，钱学森讲第一讲。他在讲座的开头说："系统作为一个概念既不是人类生来就有，也不是像有些外国人讲的那

样，是20世纪40年代突然出现的东西。系统概念来源于古代人类的社会实践经验，所以一点也不神秘。人类自有生产活动以来，无不在同自然系统打交道。”接着，他联系先秦时代《管子·地员》篇，《诗经》农事诗《七月》、秦汉氾胜之著《氾胜之书》等古籍，联系《黄帝内经》等医书，以及中国古代的历法和古天文学，说明古人在农事、工程、医药、天文等方面的知识与实践在不同程度上反映了前人的朴素的系统观念。在这里，钱学森并没有给系统下定义，但听众的头脑中却据此对系统有了比较具体的认识。1982年11月初，钱学森到中央党校作报告，题目是《研究和创立社会主义现代化建设的科学》。在讲到自然科学方法之一的数学方法时，钱学森说：“尽管这些数学方法中，常常语言很深奥，公式也是怪吓人的，似乎有点神奇，其实这只是它的面貌而已。数学，归根结底也无非是高级的掰手指头，数一、二、三、四，当然它是经过了多年的发展，有一套很巧妙的方法。”钱学森就是这样先消除听众自卑、神秘心理，然后通俗、浅显地讲述高深的科学道理。

二、要用简单的语言讲清高深的学问；语言形象生动，善于引用文学作品或历史典故来阐明常人难以理解的科学道理

1986年4月28日，钱学森在一次学术讨论会上听了学术报告人的报告后讲道：“作为一名科技人员一定要有本事，你做的，专业很高深的学问能够用简单的语言讲给不懂你专业的人，使他能够听懂大概是怎么回事，这个本事要有。我们大家在一起工作，不了解是不行的，隔行如隔山，真正地隔着山那就不行了；我们要隔行不隔山，就要做到这个工作，所以我们作为一名科技工作者、研究工作者一定要有讲解的本事。”（《人体科学与科技发展纵横观》，357页）

1996年，钱学森在一次谈话中指出：“我们国家重视出成果是对的，但还要重视培养科技人员三言两语讲清问题的能力，要培养这样的人。对此，我曾提过一个具体建议：对学位论文，不管是研究生也好，博士生也好，所有的论文都要加一个副篇。这个副篇就是要对一个不在行的人讲清楚你的问题。”

钱学森强调用“三言两语讲清问题的能力”，特别是要让“一个不在行的人”也要弄清楚“你的题目”要领。“这样做有什么好处呢？我认为，首先可以逐步培养科研人员把深奥化为浅显的能力。”这对把科技成果转化为现实生产力乃至对科技事业的发展将起重要的“中介”作用。这种能力在今天是非常重要的。

在讲到现代电子计算机革新中的“线型”和“面型”这一抽象难懂的问题时，他没有从概念到概念去解释定义，却联系汤显祖的《牡丹亭》进行说明：“《牡丹亭·游园》句：‘雨丝风片，烟波画船。’‘丝’是‘线型’，‘片’是‘面型’。”1984年8月，在北京召开全国首届思维科学学术讨论会，钱老在讲到“社会思维学”这一问题时，他指出人的思维是集体的，人的思维质量好坏，一是靠社会实践，一是靠知识。因此在学术讨论中，应当畅所欲言，敢于言论。这时钱老就联系历史说道：“南宋淳熙二年，吕祖谦在江西信州主持‘鹅湖之会’，有朱熹和陆九渊等讲论为学之道，辩论甚烈，首开‘讲会’之先河。”在借鉴古人经验的基础上，钱老又进一步结合个人的体验进行推论，指出：“哪一个学术中心学术讨论搞得好，这个中心的学术成果就多……在讨论中，讲错话，提错意见的人，对于最后得

出正确结论也是有贡献的。”这样的推论，听的人就感到很合理，很自然，十分易于接受。

三、钱学森在演讲中善于运用比喻等修辞方法；语气亲切自然，富有幽默感

钱学森多次谈到过现代科学的结构，把现代科学分为自然科学、社会科学、数学科学、系统科学和文艺理论科学等十一大科学技术部门。他把十一个部门比作“十一架桥梁”，核心是马克思主义哲学。部门之间的关系，他不太赞成“互相渗透和交叉”的提法。他说：“例如人的头和手臂，同属于一个人的身体，头和手臂的关系也是密切的，但总不能说头和手臂是‘互相渗透和交叉’的吧。”钱学森在介绍自己长期从事科学研究的体会时曾这样说：“我自己过去发表过一篇关于薄壳方面的论文，只几十页，可是反复演算报废的却有 700 多页。所以说，拿出来看得见的成果，只是像一座宝塔的塔尖。”这段话把自己的科研成果比作“塔尖”，而平时的积累、思考与研究却是“塔身”和“塔基”。这样的比喻言简意赅，内涵丰富，生动说明了厚积薄发，积之于平日而得之于俄顷的道理。

钱学森的普通话说得很标准，吐词不紧不慢，如行云流水，让人听了感到清晰提神，不感到疲倦。钱老毕业于北京师范大学附中，从小受过良好的语言训练。1984 年 8 月，北京国防科工委召开全国首届思维科学讨论会，第一天钱学森作了长达 6 小时的学术报告，与会的 100 多位专家学者都全神贯注，从头至尾听得津津有味，没有打瞌睡的。

钱学森教授的演讲艺术是以严谨的科学态度作基础的。他每次作报告都是自己亲自动手列提纲，从不让秘书代他起草文稿，只是在查找文献资料时，才让秘书做些辅助工作。钱学森平时十分注意收集各方面的科研信息，尊重各方面专家的意见，充分吸收各家之长，在此基础上“百尺竿头更进一步”，再提出自己的见解。钱学森总是很谦虚，他从来不把自己的看法当作最后的“定论”，总在不断发展，深化对某一问题的看法，欢迎别人提出意见。这种虚怀若谷的态度，也是钱学森演讲艺术具有感人魅力不可缺少的因素之一吧！

四、钱学森的演讲坦率诚恳，情真意切

1991 年 10 月 10 日，国务院、中央军委授予钱学森“国家杰出贡献科学家”荣誉称号和一级英雄模范奖章，在人民大会堂内，我国各界重要人士数百人正在恭候他们的到来。这里将要举行一个特殊的授奖仪式，人民共和国史无前例地将英雄和模范奖章授给一位科学家。钱学森是唯一的受奖者。

授奖仪式是极其热烈而隆重的。在京的党和国家领导人全部出席了会议。在这样极其热烈的气氛中，钱学森端坐在那儿，态度安详、平静，脸上挂着温和而真诚的笑容。直到授奖仪式接近尾声时，他才从座位上慢慢地站了起来。人们以为他一定会激动地发表一篇热情洋溢的讲话，以示答谢。全场鸦雀无声，都在洗耳恭听。

然而，大大出人意料的是，他平静地说出这样的话：“在今天这样一个隆重的场合，我的心情到底怎么样？如果说老实话，我并不是很激动。”

人们都感到十分惊讶，在这样不寻常的日子、不寻常的场合，他怎么说出这样的话呢？

然而，了解他的品行的人并不奇怪：这就是那个实实在在的钱学森。因为，他的"不是很激动"是有着他的特殊和特定的理由的——他早已激动过了，而且"有过三次"。他说：

我第一次激动的时刻是在1955年。当时我到美国已经20年了。我到美国去，心里只有一个目标，就是把科学技术学到手，而且要证明我们中国人可以赛过美国人，达到科学技术高峰。这是我的志向……

1955年夏天，我被允许可以回国了。当我同蒋英带着年幼的儿子、女儿去向我的老师、全世界闻名的工程力学和航空技术权威冯·卡门告别时，拿着两本东西送到老师手里。他翻了翻，很有感慨地对我说："你现在在学术上已经超过了我。"我一听他这句话，激动极了。心想，我这20年奋斗的目标终于实现了，我钱学森在学术上超过了这么一位世界闻名的大权威，为中国人争了气，我激动极了。这是我有生以来第一次这么激动。

说到这里，他平静的脸上呈现出异样的神色，人们继续听着他说下去：

在建国10周年的时候，我被接纳为中国共产党的党员。这个时候我的心情是非常激动的。我钱学森是一个中国共产党党员了！我简直激动得睡不着觉。这是我的第二次激动。

他的这番话，在全场与会者的心里引起强烈的共鸣。

第三次激动，就在今年。

我看了今天在座的王任重同志写的《史来贺传》的序。在这个序里，他说，中共中央组织部把雷锋、焦裕禄、王进喜、史来贺和钱学森这5个人作为解放40年来在群众中享有崇高威望的共产党员的优秀代表。看见这句话，我心情激动极了。我现在是劳动人民的一分子了，而且与劳动人民中最先进的分子连在一起了。

有了这三次激动，我今天倒不怎么激动了。

钱学森的话合情合理，入情入理，这是他真情的流露，是他的肺腑之言，具有极为深邃的内涵，达到一种崇高的境界……

这是他人格的最真实写照，是他对生平最贴切的总结。

五、把漫长的感谢画卷融入到两个词里；把感情的镜头拉到特定环境中去；把两股道的车开到了一起去

在授奖仪式上钱学森发表了讲话，其中有一段是专为妻子蒋英而说的："我还要利用这个机会表示对我的爱人蒋英同志的感激，我们结婚已经44年了，这44年我们家庭生活是很幸福的。但在1950年到1955年美国政府对我进行迫害的这5年间她管家，蒋英同志是作出了巨大牺牲的，这一点，我绝不能忘。我还要向今天在座的领导同志介绍，就是蒋英和我的专业相差很远。我干什么的大家知道了。蒋英是干什么的？她是女高音歌唱家，而且是专门唱最深刻的德国古典艺术歌曲，正是她给我介绍了这些音乐艺术，这些艺术里所包含的诗情画意和对人生的深刻的理解，使得我丰富了对世界的认识，学会

了艺术的广阔思维方法。或者说，正因为我受到这些艺术方面的熏陶，所以我才能够避免死心眼，避免机械唯物论，想问题能够更宽一点，活一点，所以在这一点上我也感谢我的爱人蒋英同志。"

读了钱学森这段以"感激"始又以"感谢"终的讲话，我们被钱学森对妻子的一往情深打动了。这番话，使我们看到了在这位科学巨人的身后，还有着一位如此伟大的女性，真是可敬可佩。

钱学森是一位科学家，他的演讲艺术水平也是很高的。

钱学森说："我们结婚已经 44 年了，这 44 年我们家庭生活是很幸福的。"一个"44 年"一个"很幸福"，简单的两个词连在一起，就把他们整个的美满爱情概括进去了。是啊，"44 年"，度过了多少日日夜夜，经历了多少风风雨雨，但他们的家庭生活始终"很幸福"，这个"很幸福"，无疑是与这位贤良的妻子分不开的。有了贤良的妻子，才有"很幸福"的家庭生活，才有从事科学研究的良好环境。这"很幸福"三个字，为整段讲话定下了感情基调。

钱学森首先提及遭美国政府迫害的 5 年，这是他最困难最危险的时候，他的妻子临危不惧，勇于作出巨大的牺牲，这实在是最可宝贵的。正是由于妻子的支持，他才更有勇气冲破重重阻力回到祖国的怀抱。没有当初，哪有今日？别的可以不说，这一点非说不可。"这一点，我绝不能忘。"这表白是何等的真挚，这誓言是何等的铿锵！

钱学森投身科学事业，而妻子却从事艺术工作，两人的专业截然不同，可以说是"两股道上跑的车"。可是，钱老的妻子就是不一般，她会利用丈夫空闲的时间给他介绍音乐艺术，而这种潜移默化的艺术熏陶，竟使丈夫在科学研究中思考问题更宽了更活了，有效地改变了思维方法，避免了机械唯物论。妻子的艺术与他的科学，两者相通了，相融了，更可喜的是艺术促进了科研，这对事业心强的钱学森来说，是多么值得庆贺，又是多么值得向人夸耀的事啊。于是，钱学森抓住机会，特地向在座的党和国家领导人也要介绍一番。

钱学森已是八旬老翁，但是他青春不老，爱情不老。这段夸妻、谢妻的话，情真意切，扣人心弦。我们完全可以想象，当他的妻子蒋英同志听到这段话时的感动情景。对于妻子来说，这无疑是最大的光荣，最大的欣慰了。只有真正的人生知音，才能有这一番感情的喷涌，哲理的阐发！

钱学森的这段话，对他的妻子是巨大的鼓舞，推而广之，对所有的科学家的妻子不也是一种鞭策吗？再推而广之，对那些从事不同专业而结为连理之好互相间的关系以共同促进事业的成功，不也是有极大的启发吗？

六、学术报告的技巧：认真准备，思路清楚；学术报告不能念稿，要按自己思路去讲

1984 年 5 月 14 日，钱学森在一次学术讨论会上专门向年轻科技人员介绍了他对作学术报告的体会。他说，对于作学术报告的人来讲，既然大家来听你一个人讲，你应该做认真的准备，这是不言而喻的。实际上一个同志在讲，大家都在这儿听，这是非常大的考试，你总想考分好一些嘛！其实学术报告并不在于口才不口才，而在于你的思路想法是

不是清楚，研究工作总要思路很清楚，你到底是干什么的？你的目的是什么？一定要清楚，不清楚乱套了怎么行啊，所以说只要你的思路非常清楚，逻辑性很强，组织结构非常清楚，是完全能够传递给别的听众。

另外一点是，作学术报告千万不能念稿子，要用你的思维方式反映出来去讲。你准备的再好也不能老拿着准备好的稿子在上面去讲，这样效果是不会好的，因为念稿子跟人一般讲话是不一样的，要把稿子放开，用你自然的语言，用你思维的方法来讲，这样听的人才能跟你对得上号，因为你一面想一面讲的，这个效果才会好。

1987 年 2 月 16 日，钱学森应邀在中国科教电影电视协会举办的科教电视创作座谈会开幕式上作了一个十分精彩的长篇报告。他指出，科教电影电视从它的制作方面来讲，实际上就是一个文学艺术跟科学技术的结合。他向影视界推荐了用电子计算机制作科教电影电视的最新手段。如果读者有兴趣的话可以品读一下钱学森的《社会主义的两个文明建设需要科教电影电视》，从中便可欣赏到他对电子计算机这样尖端科技成果的推广宣传是多么的通俗易懂，是多么的生动有趣。

1986 年 6 月 30 日，钱学森在一次学术报告会上指出："现在的学术报告采用投影的形式，很容易造成报告人与听讲人的脱节，报告讲到一个问题投影一下，然后讲了一下，只是这个方法，那个方法地说了一下，方法的内容没有介绍，报告人以为很清楚了，而听讲人却坐飞机了，不知你讲的这个方法是什么内容。"钱学森认为这是值得研究的一种教学法。

钱学森在进行科学理论研究，或阐述他的科学新思想时、最喜欢和大家一起亲切地交谈。他的谈话总是那么生动、形象，富有吸引力。无论多么高深莫测的科学现象和理论，经过他绘声绘色地描述，统统都变得浅显易懂。听他的谈话简直是一种轻松愉快的精神享受，就在那谈笑风生之中，人们不知不觉地学到了许多过去不了解或不懂得的新知识。

七、科学家要有应急作学术报告的本事

钱学森说："作为中华人民共和国的科技工作人员，应该培养点你的名上去就能讲这么一个本事。这个要求就是作为一个科研人员，对作报告应该有应急的本事。我们应该有这个本事，讲你这行的东西，应该有所准备，无非是早一点，晚一点。都应该慢慢养成这种本事。要讲，就可以讲。"

第七十四章 钱学森的著述风格

钱学森常说："文章得意心花开……文章千古事。"由此完全可以看出，钱学森对做文章喜爱和做文章的态度。钱学森富有生气的语言，熔铸了古今中外语言之精华，撰写出大量经典性学术巨著、优美的科普随笔。钱学森回忆起他少年时代在北京师范大学附中上学时说："国文老师是董鲁安，他思想进步，常在课堂上议论时弊，厌恶北洋军阀，欢迎国民革命军北伐，教我们读鲁迅的著作和中国古典文学作品。到了高三年级时，我对用文言写文章、小品特别感兴趣。"钱学森认为："写文章不能靠什么修辞学呀，那样你的文章准写不好。文章还是要靠写的。"

一、多练，是提高写作能力第一"诀窍"

钱学森在讲演中和文章里多次用鲁迅的话，来阐明他对提高写作能力的感受，这也是他的一种写作观。他常说："鲁迅先生说得好，文章应该怎样做，我说不出来，因为自己的作文，是由多看和练习，此外并无心得和方法的。"他在讨论发展思维科学问题时说："记得鲁迅先生就讲过他是怎么学习做文章的：说他的老师从来没有教过他文章怎么写，反正是天天写，写来写去，后来他说老师在他的文稿上画的红杠子慢慢少了，加圈多了，最后不改了，尽画圈了，这就叫学会写文章了。这说明人的脑力劳动中最深奥的是创造，而现在因为我们不了解创造性的过程，不了解创造性思维的规律，无法教学生，只能让学生自己去摸索，也许摸会了，也许摸不会。"

写作是一种能力。能力的提高，除理论的指导、范文的影响外，主要还是靠实践。古人谈的"读十篇不如做一篇"，"学人只喜多读文章，

不喜多做文章；不知多读乃藉人之功夫，多做乃切实求己功夫，其益相去远矣”就是这个道理。有如学习游泳，若只是把理论背得滚瓜烂熟，十分精通，但却不下水或很少下水，还是学不会的。“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行。”从某种意义上说，写作能力，就是写出来的能力。

多练，是提高写作能力第一“诀窍”。多写，就要“拳不离手，曲不离口”，“三日不唱口生，三日不练手生”。只有勤学苦练，通过韧性的学，才会熟能生巧，运笔自如，真正学到本领。唯有多写，才能驾轻就熟，踏出路来；唯有多写，才会产生顿悟，涌现灵感；唯有多写，自然得心应手，游刃有余；唯有多写，定能艺高胆大，笔底生花。

总之，一切写作理论，知识技巧，一旦离开了强化的实践活动，都将变得毫无意义。许多人不会写文章，除了其他原因，主要是动笔少、写得少的缘故。写作是最能锻炼人的意志和毅力的。好文章不仅体现了作者的智慧才华，更凝聚着作者的汗水、心血，辉映出作者坚韧不拔的品格。像鲁迅、郭沫若等大作家，钱学森、李四光等大科学家，他们非凡的华章与学术论文，与其说是天才的大手笔，不如说是坚韧的战斗光华。

钱学森一生勤奋研究写作。不仅完成了大量自然科学论著，也写出了大量社会科学论著。每当他看到身边一些青年科技人员遇到一点困难精神沮丧的时候，他就对他们鼓励说：“不要灰心，我过去为写一篇重要论文，草稿写了一箱子，最后完成的论文只有十几页。”足见其献身学术事业的超人毅力和坚韧精神。

钱学森也非常重视论文的修改，每完成一篇论文，他并不是急着发表，而总是不厌其烦地反复修改。如果可能的话，他总是谦虚地先请某一方面的专家审阅，征求意见。有一次，《大自然探索》杂志因故未能如期发表钱学森的一篇论文，编辑部致信向他表示歉意。钱学森复信说，改在下期发表也好，正好让我有时间对论文进行修改。钱学森写论文不仅在内容和文字极为认真负责，就连标点符号的运用也是极为认真的。

二、学术论文也要讲究平易性和生动性

平易性是学术论文不可缺少的特点。如果说，学术性、科学性、创造性是论文内容方面的特点，那么平易性则是论文形式和表达方面的特点。离开了平易性，就会大大减弱论文的社会效果，也许还会造成不必要的误会和损失。

优秀的学术论文将学术性与可读性融于一体，二者完美的统一，更显示出学术论文的魅力。钱学森的论文《关于思维科学》中有这样一段话：“虽然每一个人的脑子在结构和功能方面不见得一模一样，不然就成了机器人，不是活人真人了。但是人脑毕竟是亿万年生物进化的结果，遗传是起作用的，从根本上说人脑的结构是完全相同的，人脑受相同的生活经验或相同的社会实践所引起的适应、发展和调整也是相同的，这就从人脑的微观结构方面保证了人的思维的规律性。”

思维科学是新学科，有很强的专业性，但是钱学森的论文既有严格的科学性，又在语言上通俗流畅，生动活泼，引人入胜。

所谓生动性，是指语言新鲜、鲜明、活泼、富有生气。应该有这样一个概念：学术论文≠枯燥无味。生动性是强调语言的表达效果——吸引人，打动人。不能一说学术论文，

就是板起面孔讲道理,语言也是干巴巴的,使作者的新见解、新观点湮没在呆板乏味的阐述中,削弱了论文的说服力和吸引力。

在自然科学论文中,语言的生动性同样具有重要意义。钱学森在《系统科学、思维科学和人体科学》一文中写道:"……真是天壤之别!……那我们一旦掌握了形象思维学,会不会用它来掀起又一项新的技术革命呢?这是颇为值得人玩味的一个设想。"

钱学森在这里运用了感叹句、反诘句和适当的描写,使严肃的科学论文增添了明快、活泼的色彩,增强了读者阅读的兴味。

三、科学家中少有的优美文笔

钱学森不但口才好,他的文笔在科学家中也是不多见的。他在《怀念挚友郭永怀》一文中写到:"一方面是精深的理论,一方面是火热的斗争,是冷与热的结合,是理论与实践的结合。这里没有胆小鬼的藏身处,也没有自私者的活动地;这里需要的是真才实学和献身精神。"

《科学文艺》1980年第2期发表了钱学森的《科学技术现代化一定要带动文学艺术现代化》一文,文章最后一部分讲到了科学学文学艺术问题。你看他写得多么生动精彩。他说:"我主张科学技术工作者多与文学艺术家交朋友……我们大家所习惯的世界只不过是许许多多世界中最最普通的一个,科学技术人员心目中还有十几个二十个世界可以描述,等待着文学艺术家们用他们那些最富于表达能力的各种手法去创造出前所未有的文学艺术。这里的文学艺术中,含有的不是幻想,但像幻象;不是神奇,但很神奇;不是惊险故事,但很惊险。它将把我们引向远处,引向高处,引向深处,使我们中华民族的精神境界有所发扬提高。"

钱学森不仅擅长于写作,对自然景观的描述也算得上是高手。请欣赏他发表在1958年3月1日《人民日报》的《不到园林,怎知春色如许?——介绍园林学》一文开首的一段:

> 当我们到我国的名园去游览的时候,谁不为我们具有这些祖国文化的宝贵遗产而感到骄傲?谁不对创造这些杰出作品的劳动人民表示敬意?就以北京颐和园来说,它本身已经是美妙的了,但当我们从昆明湖东岸的知春亭西望群峰,更觉得全园的布置很像把本来不在园内的西山也吸收进来了,作为整体景象的一个组成部分。这种雄伟的气概在全世界任何别的地方是很少见到的吧。我国园林的特点是建筑物有规则的形状和山岩、树木等不规则的形状的对比;在布置里有疏有密,有对称也有不对称,但是总的来看却又是调和的。也可以说是平衡中有变化,而变化中又有平衡,是一种动的平衡。在这一方面,我们也可以用我国的园林比我国传统的山水画或花卉画,其妙在像自然又不像自然,比自然有更进一层的加工,是在提炼自然美的基础上又加以创造。

我们不妨再来欣赏一段钱学森所憧憬的社会主义中国的未来城市(节选自《科技日报》,1993年3月1日):

> 我想既然是社会主义中国的城市,就应该:第一,有中国的文化风格;第二,

美；第三，科学地组织市民生活、工作、学习和娱乐。所谓中国的文化风格就是吸取传统中的优秀建筑经验，例如吴良镛教授主持的北京菊儿胡同危旧房改建，就吸取旧“四合院”的合理部分，又结合楼房建筑，成为“楼式四合院”。我们可以想象，“楼式四合院”再布上些“老北京”的花卉盆、荷花缸、养鱼缸等等，那该是多么美的庭院啊！

如果说现代高度集中的工作和生活要求高楼大厦，那就只有“方盒子”一条出路吗？为什么不能把中国古代园林建筑的手法借鉴过来，让高楼也有台阶，中间布置些高层露天树木花卉？不要让高楼中人，向外一望，只见一片灰黄。楼群也应该参差有致，其中有楼上绿地园林。这样一个小区就可以是城市的一级组成，生活在小区，工作在小区，有学校，有商场，有饮食店，有娱乐场所。日常生活工作都可以步行往来，又有绿地园林可以休息。这是古代帝王所享受的建筑、园林、让现代中国的居民百姓也享受到。这也是苏扬一家一户园林构筑的扩大，是皇家园林的提高。中国唐代李思训的金碧山水就要实现了！这样的山水城市将在社会主义中国建立起来！

四、科普文章化难为易

多年来，钱学森在不同场合多次谈到要注意提高青年科技人员的语言和文字表达能力。他认为这是科技人员必须具备的一项基本功，关系到我国科研成果能否很好地总结、交流与推广、普及、关系到科技事业能否得到整个社会的广泛支持，也关系到科技工作者自身的成长和作用的发挥。他说：“一个科学专门家，如果不能把本行的专业知识通俗地表达出来，怎么能说他精通了本行的专业呢？”“作为一个科学工作者，应该有这样的本事，能用普通的语言向人民（包括领导）讲解你的专业知识。研究生在撰写论文的同时，最好再写一篇同样内容的科普文章，这应作为考核的一项重要内容。这有利于打破只会死啃书本讲‘行话’的弊病。”

五、建议报告简洁明了

一项好的科技建议，主要是内容好，内容是第一位的、决定性的，但是有了好的内容，如果在文字表达方面不够注意，就可能不会被重视，不会被采纳实施。写作建议报告首先应该注意建议报告的读者和达到什么目的。建议报告主要是写给各级领导看的，希望引起他们的重视，进而采纳实施。因此，建议报告在具体写法上就应该注意适应这样的读者和写作目的。

建议报告的具体写法，简单地说，就是题目要准确而“一目了然”，最好“一事一议”；建议正文一要简短明确，二要有充分的说服力；文字力求简洁明了，开门见山地写出实质内容。

1963 年钱学森在《红旗》杂志上发表了一篇重要文章，在文章的第二部分专门谈了关于建议报告的写作。他说：“最后还要讲一讲另一件要紧的事。一个科学技术研究和研制单位必须简明扼要地准确地及时地向领导机关反映工作情况，这是取得上级指示和

支持、避免自己工作差错的重要措施。这样的报告不容易写：不能长篇大论，不能写洋‘八股’，要鲜明、生动。但是难不等于不能，动脑筋想办法，练就练得出来。也可以想各种办法来辅助文字之不足。例如，文件里可以用图片、示意图，让图文并茂。这类文件一般由单位的科学技术组织管理部门来起草，所以科学技术组织管理部门要培养能起草这样报告的干部。”钱学森首先把写这种报告看作是一件“要紧的事”，而“不容易写”，接着讲了写这种报告应该注意什么，应该怎样写和谁来写，讲得非常清楚，对我们很有指导作用。

1986 年 10 月 28 日钱学森在一次讲话中顺便向中国文联建议道：“实际上，有些艺术门类是文艺和科技交叉的产物。比如上面讲的建筑、园林、技术美学就是这样。它们是文学艺术，但又有属于技术的部分。有关建筑艺术、园林艺术的团体也应设在中国文联，但现在却都在中国科协。请文艺工作者把从事以上这些方面工作的同志看作自己人；第五次文代会是否可请这些同志参加？希望文艺界把门开大些，这是有利于我国文艺工作的发展的”。（《科学的艺术与艺术的科学》，164 页）

短短几句话，既说明了所建议的内容和理由，又对文艺界从观念到组织作了动员和指导，最后一句点破了建议的动机和目的。语气轻松自然，让人易于接受。

第四篇

钱学森主要著作简介

第七十五章

第七十五章

专著·文集·部分主(参)编著作简介

1.《工程控制论》

钱学森在20世纪40年代末、50年代初,对第二次世界大战战后迅速发展的控制与制导工程技术实践进行了全面考察,敏锐地发现、提炼出指导控制与制导系统设计的普遍性概念、原理、理论和方法,从而创立了作为一门技术科学的"工程控制论"。《工程控制论》("Engineering Cybernetics")全书30余万字,1954年由美国麦克劳·希尔图书公司(Mcgraw-Hill Publishing Company Ltd. New York Lodon Toronto)用英文出版。这是世界上第一次用这一名词称呼在工程设计和实验中能够直接应用的关于受控工程系统的理论、概念和方法。随着这本《工程控制论》的迅速传播,该书中给这一学科所赋予的含义和研究的范围很快为世界科学技术界所接受。

1956年由德国出版了德文版,1957年由苏联出版了俄文版。有趣的是,俄文版的发行,还为平息苏联对《控制论》创始人维纳(N. Wiener)的批判起到了积极作用。该书于1958年由何善堉、戴汝为译成中文,科学出版社出版,并获1958年中国科学院自然科学一等奖。

《工程控制论》全书共分18章。钱学森在首版原序中作了这样的说明:著名法国物理学家和数学家安培(A. M. Ampere)曾经给关于国务管理的科学取了一个名字——控制论(Cybernetique)。安培企图建立这样一门政治科学的庞大计划并没有得到结果,而且,恐怕永远也不会有结果。可是,在这些年代中,各国之间的战争却大大促进了另一个科学部门的发展,这就是关于机械系统与电器系统的控制与操纵的科学。维纳(N. Wiener)就借用安培所创造的名称"控制论"来称呼这门新的科学,然而,这门科学对于现代化战争却是非常重要的。这

真是有些讽刺意味。维纳的控制论(Cybernetics)是关于怎样把机械元件与电器元件组合成稳定的并且具有特定的性能的系统的科学。这门新科学的一个非常突出的特点就是完全不考虑能量、热量和效率等因素,可是在其他各门自然科学中这些因素却是十分重要的。控制论所讨论的主要问题是一个系统的各个不同部分之间的相互作用的定性性质,以及整个系统的总的运动状态。

工程控制论的目的是研究控制论这门科学中能够直接用在工程上设计被控制系统或被操纵系统的那些部分。因此,通常在关于伺服系统的书里所讨论的那些问题当然都包括在工程控制论的范围之内。但是,工程控制论比伺服系统工程内容更为广泛这一事实,只是二者之间的一个表面的区别;一个更深刻的,因而也是更重要的区别在于:工程控制论是一门技术科学,而伺服系统工程是一种工程实践。技术科学的目的是把工程实际中所用的许多设计原则加以整理与总结,使之成为理论,因而也就把工程实际的各个不同领域的共同性显示出来,而且有力地说明一些基本概念的重大作用。简单地说,理论分析是技术科学的主要内容,而且,它常常用到比较高深的数学工具。只要把本书稍微浏览一下就对这个事实更加清楚了。关于系统的部件的详细构造和设计问题(也就是把理论付诸实践的具体问题)在这本书里几乎是不予讨论的。关于元件的具体问题更是根本不谈的。

能不能够把理论从工程实践分出来研究呢?其实,只要看到目前已经存在的各门技术科学以及它们的飞速发展,就会发现这个怀疑简直是不必要的。举一个特别的例子来说:流体力学就是一门技术科学,它与空气动力学工程师、水力学工程师、气象学家以及其他在工作中经常利用流体力学的研究结果的人的实践是“分割”开来的。可是,如果没有流体力学的话,对于超音速流动的了解和利用至少也要大大地推迟。因此,把工程控制论建成一门技术科学的好处就是:工程控制论使我们可能有更广阔的眼界用更系统的方法来观察有关的问题,因而往往可以得到解决旧问题的更有成效的新方法,而且工程控制论还可揭示新的、以前没有看到过的前景。最近若干年以来,控制与导航技术已经有了多方面的发展,所以,确实也很有必要设法用这样一种统观全局的方法来充分地了解与发挥这种新技术的潜在力量。

工程控制论在其形成的过程中,把设计稳定与制导系统这类工程技术实践作为主要研究对象。《工程控制论》是钱学森在极端困难的情况下,运用控制论中的基本思想、概念,结合在战争中得到迅速发展的伺服机理论,把控制论运用于工程中自动控制系统的设计、分析中去,从而完成了经典工程控制论的综合,写出了创立工程控制论这一技术科学的奠基性名著。书中提出了工程控制的概念,并集中作了研究,主要是探讨具体的工程技术控制系统,运用的主要工具是连续数学、常微分方程和偏微分方程以及泛函分析、电子计算机等,系统总结了自动控制理论的新发展。工程控制理论的提出和发展,有利于改善和加强电子线路、电子机械、气动和液动等自动系统,使人们能够更系统、定量地处理工程控制问题,为控制论在工程技术中的应用开辟了新的前景。

工程控制论是工程技术里各个系统的自动控制和自动调节的理论。从历史的发展来看,这里面有两种不同方面的工作者:一种是控制和调节工程师们,他们的看法偏重于

解决手头的问题，不注重理论的一般性和概括性；另一种是数学家，他们虽然有高度的数学技巧和概括的观点，但是往往又缺乏实际的经验，不能使理论结合实际。钱学森写这本书的目的就是要把这两方面的工作综合起来，对自动控制和自动调节理论作一个全面探讨。

作者在叙述中采用最经济的分析方法，一方面不忽略论证的严谨，而一方面又尽可能使数学运算简单明了，使全部内容能被广大技术工作者所接受。在内容方面，本书引入了有时滞的线性系统；变系数的线性系统；弹道摄动法在控制设计中应用等，这都是新的贡献。因为综合了各方面的看法，所以作者对整个控制理论指出了新的发展方向，如引入统计概念和自动随时测定的控制概念；而也是因为对控制理论作了全面探讨，指出了旧理论的新应用，如根据反馈随伺系统避免飞机的颤震，来避免火箭燃烧室的不稳定等。所以这本著作一方面奠定了工程控制论这门技术科学的理论基础，一方面开拓了它今后的研究领域，不论在学术方面还是在为国民经济建设方面都有其重要的现实意义。

钱学森的这本《工程控制论》极大地开阔了广大科技人员的眼界，使他们能够用更系统的方法去观察工程技术问题，去指导千差万别的工程实践。国外有许多学者认为，钱学森的《工程控制论》培养了一代控制理论专门人才。

2.《工程控制论》(修订版)

上世纪60年代前期，钱学森委托我国控制论权威宋健等人对他的《工程控制论》进行修订。在钱学森的指导下，宋健和于景元等专家学者经过十几年艰苦工作，书稿由原来的30万余字增加到近130万字，并保留了原书基本内容。新增部分反映了原书出版后20多年来工程控制论这门学科在各方面的主要进展。它使我国在工程控制论研究领域保持了国际领先地位。《工程控制论》(修订版)获得1982年全国首届优秀科技图书奖，1995年获"国家图书奖"，1997年获"国家科学技术奖(科技著作类)"二等奖。

在这一版中，完全新增加了五章(第八、十二、十七、二十和二十一章)的内容。此外，原书各章节中几乎都增加了新的材料，有的则大部分是新写的。比如在第二章中增加了状态空间的表示理论，它不仅对系统精细研究提供了新的工具，还从常微分方程到偏微分方程的过渡提供了桥梁，因此状态空间的理论已被广泛采用。在本版中增加的新内容有最优控制理论(第八章和第九章大部分)，它是近20年来有重大发展的部分之一。这种理论的抽象和所得到的新的结果已在工程实践的广泛应用中被证明是成功的。各种类型的最优设计问题都以这种理论的抽象作为基础。在这两章中，着重介绍了非古典最优控制问题，从和古典变分法的对照之下可以看出，无论是命题和讨论问题的方法都大大地前进了，更接近于解决实际问题中的主要矛盾。可以说，这是20年来工程控制论这门学科中进展最大的理论之一。新增加的第十二章，是关于分布参数控制系统的理论。这些理论主要是20世纪60年代以后发展起来的。在自然界和社会现象的各种过程中，有相当大的部分是可以由偏微分方程来描述的。初期的工程控制论对偏微分方程描述的过程几乎尚未触及。现在已经建立起处理这类问题的理论基础，虽然完善的程度还远远不够，特别是能直接为工程计算所应用的结果还不多。尽管分布参数系统本身的状态空间是无穷维的，但在这里使用泛函分析的观点和方法，可以建立简单分析的概念，能使

相当复杂的问题豁然开朗。

第十三章讨论摄动理论在控制系统设计中的应用，其中特别说明在飞行控制系统中的应用。第十四、十五两章介绍控制系统在随机干扰下的分析和设计。第十六、十八章讨论了适应性控制系统的设计。这几章在原书的基础上增加了很多新的材料，增加的内容反映了20多年来在这些方面的主要进展。

第十七章中扼要介绍了与计算机技术有关的几个问题。计算机的广泛应用对控制论的发展具有划时代的意义，然而作为普遍的理论目前仍处于探索阶段，因此本书仅限于介绍这方面的基础理论和几个典型问题，并将这些内容都归纳在"逻辑控制和有限自动机"这个标题之下。这样做是不得已而为之的，因为人工智能还完全是一门新的学科，还没有形成一种统一的理论模型。第二十章是信息论，它或许不宜直接列入工程控制论的范畴，但由于信息处理和过程控制日益密切到难分难解的程度，以至于有融合的趋势，因此钱学森建议增加了这一章。最后一章是大系统，这也是工程控制论这个学科中最新的一章。它的出现标志着工程控制论已从研究局部的过程过渡到研究大范围内的带有全局性的问题，例如对社会经济发展、交通运输、企业经营以至于人口发展等过程进行定量描述和控制。大系统的出现为各类系统工程提供了新的观点和方法。第十九章介绍了提高控制系统可靠性的各种方法。第十七、二十、二十一这三章完全是新增加的章节，这些方面在《工程控制论》出版以后的20多年里都获得了迅速的发展，它们已构成工程控制论这门学科的重要研究方向。书末还附有"有关中文著作目录选辑"，可供读者查阅。

在叙述方法上，也保持和发扬了原书的特点，由浅入深，既重视物理概念，又注意理论上的严谨性，把一般性、概括性的理论和实际工程经验很好地结合起来。在讨论系统分析和设计问题时，传递函数和状态空间的描述方法并重，互相补充。本书出版以来对从事自动化、计算机科学、信息处理、通信理论、宇航技术及系统工程等专业的理论研究工作者和工程设计人员，有着重要的参考作用。

3.《物理力学讲义》

《物理力学讲义》这本书稿是钱学森在20世纪50年代前期完成的。它是钱学森在美国加州理工学院讲授力学工作介质物理性质理论时，自编的讲义。1962年3月由科学出版社正式出版，获得了"国家优秀科教书刊一等奖"。全书44万余字，

物理力学是一门新兴的学科，它从物质的微观结构出发，提供了计算工程技术中所用介质和材料的热力学性质的方法。该书第一章的绪论中阐明了物理力学的内容、观点和方法。第二、第三、第四章介绍了物理力学的基本原理。第五章到第九章分别处理气体、固体和液体的热力学性质，说明了从分子结构计算宏观性质的方法。第十章到第十三章处理各种输运过程，像热传导黏滞性、扩散、中子漫化及热辐射等。

钱学森在序言中说：物理力学的目的是提供一个计算工程技术中所用介质和材料的力学性质的方法，其内容、观点和方法在本书第一章的序中作了详细讨论。概括地说，它是从物质微观结构出发，利用近代物理学、物理化学、量子化学等学科的成就，来减少设计人员在确定介质和材料时所花的劳动量，所以这是一门为工程技术服务的学科。写这

本书自然为的是在教授这门课的时候能有一份教材。编者在这里所用的讲解方法是:①在原理问题上,对基本问题尽量做到严谨明确。②在具体计算上,第一,如果问题果真能够用少的数学运算求得数值解,那么就采用最有效的分析方法,不避开所谓高等数学;第二,如果问题在本质上就比较复杂,真用严格的数学方法去求解,将会招致长而繁的数学运算,反而使读者失去理论的轮廓,这时候就不走精确计算的那条路,而用大大简化了的模型来代替原来的问题,并只保留问题最关键的部分,用这个办法阐明了问题中各个参数之间的关系后,再直接引入问题精确解的全部结果,读者就能够不必经过繁复的演算而领会精确解;第三,如果问题虽然在概念上是清楚的,但是直到目前还不能用定量的办法把它计算出来,那么就利用概念来明确问题中参数之间的关系,留下来的定量规律就直接用实验数据去确定。

当然物理力学还是一门处在萌芽状态的科学,上述三类问题的存在就说明了它本身还不完整。其实还有第四类问题,那就是连基本概念也还不十分清楚的问题,例如固体强度和塑性变形就是如此,直到现在也还没有较全面的微观理论,没有工程技术上可用的肯定结果,所以虽然固体强度和塑性变形在工程技术中是一个很重要的问题,在本书中也就未能加以讲述。从为工程技术服务的观点来看,这是一个缺点。

钱学森在 1946 年将稀薄气体的物理、化学和力学特性结合起来进行了研究,这是物理力学的先驱性工作。1953 年他正式提出了物理力学的概念。物理力学作为力学的一个新分支,从物质的微观结构及其运动规律出发,运用近代物理学,物理化学和量子化学等学科的成就,通过分析研究和数值计算阐明介质和材料的宏观性质,并对介质和材料的宏观现象及其运动规律作出微观解释。物理力学的基础是量子力学、统计力学和原子分子物理学,研究内容主要有平衡现象和非平衡现象。平衡现象包括气体、液体、固体的状态方程,各种热力学平衡性质和化学平衡等,解决这类问题主要借助于统计力学方法。非平衡现象包括四个方面:①趋向于平衡的过程,如各种化学反应和弛豫现象(包括能量弛豫和化学弛豫);②偏离平衡状态较小的稳定的非平衡过程,如物质的扩散、热传导、粘性以及热辐射输运等;③远离平衡态的问题,如开放系统中遇到的各种能量耗散过程;④平衡和非平衡状态下发生的突变过程,如相变等。解决这些问题要借助于非平衡统计力学和不可逆过程热力学理论。

钱学森主张从物质的微观规律确定其宏观力学特性,改变了过去只靠实验测定力学性质的方法,大大节约了人力物力,并开拓了高温高压的新领域。

《物理力学讲义》这部奠基性巨著的特点是,它给出了明确具体而切实可行的计算方法,使得工程介质和材料的热力学性质可以不完全依靠实验就能确定。

该书自 1962 年初版之后,还重印过几次,为我国培养物理力学领域的人才和解决国防科技领域的重大问题起到了积极的作用。

《物理力学讲义》在出版后不久,就被苏联译成俄文出版,并被广泛引用。1964 年,苏联乌克兰科学院成立了现在在国际上很有影响的"物理力学研究所",主要研究方向是用物理力学的有关方法研究固体材料的强度、塑性、韧性和断裂等特性。该研究所的名称和主要研究方向显然与钱学森对物理力学的倡导有关。

4. **"Jet Porpulsion"**

"Jet Porpulsion"一书是钱学森为美国加州理工学院 1943—1944，1944—1945 两个学年编写的喷气推进教程。同时，也是美国军方使用的一本内部教材。1946 年以美国空军技术后勤司令部名义正式出版。全书十几章是美国第一部全面和系统地论述火箭和喷气推进科学技术的专著，内容从基本理论，直到包括导弹射程、制导和通信在内的喷气推进技术应用的众多方面。"Jet Porpulsion"一书是美国加州理工学院在喷气推进技术方面多年研究工作的总结与提高。这本巨著成为以后十几年间不可或缺的参考书，尽管在此期间该领域有重大进展。

由于"Jet Porpulsion"是英文版，没有完整地翻译成中文出版，所以，在中国了解这部有关喷气推进技术的开创性专著的人不是很多。在钱学森的其他著作和文集中对这本著作的部分章节有所介绍，如《钱学森手稿》（山西教育出版社，2000 年）就对该书第 11 章的第 3 节——Methods of Utilizing Energy Lost in the Jet（发动机喷出射流所损失的能量的利用）作了适当的介绍。

5. **《导弹概论》**

在有关"两弹一星"的著作里和我国许多航天专家的回忆文章里以及有关钱学森的生平传记里，人们经常会看到关于钱学森的《导弹概论》一书的记述。例如，中国载人航天工程总设计师王永志院士在《钱学森在中国导弹航天事业中的科学成就》一文中说："钱学森凭着对祖国导弹航天事业的崇高责任感，十分重视对我国导弹航天事业科技队伍的培养。国防部五院刚刚成立，钱学森马上就给刚分配来的 156 名大学生讲导弹知识——《导弹概论》。"（见宋健主编《钱学森科学贡献暨学术思想研讨会论文集》，中国科学技术出版社，2001 年）；中国探月工程总设计师、原航天工业部副部长孙家栋院士在《钱学森带领我们搞航天》一文中说："当年听钱老给我们讲导弹的基本知识《导弹概论》，他用深入浅出的方式将复杂的尖端技术、深奥的导弹理论阐述得清清楚楚的情景至今历历在目。"（见同前）但到目前为止，笔者尚未见到正式出版的钱学森的这本《导弹概论》。不过，鉴于钱学森 20 世纪 40 年代前期在美国加州理工学院，为美国军方举办的喷气推进训练班就讲授《导弹概论》这门课程的内容，而且 1956 年 10 月 8 日国防部第五研究院成立的第二天，钱学森又为新中国航天事业的先驱者们讲授了"导弹概论"。因此，我以为无论《导弹概论》这本书正式出版发行与否，但至少有一本钱学森编写的《导弹概论》内部讲义是毫无疑问的。

6. **《星际航行概论》**

星际航行是一门综合了近代多种科学技术最新成就的复杂技术，它不仅集中地反映了科学技术的发展和工业化的水平，而且还体现了科学研究、工程技术和生产部门的密切协作。它需要各种专长的人员从事工作。尽管每人接触的工作只是其中一个方面，但任务本身需要他们对星际航行技术有一个比较全面的了解。钱学森编著的这本《星际航行概论》正是适应这种需要而作出的一项有益尝试。早在 1953 年钱学森就研究过星际航行理论的可行性。为了让更多的人掌握火箭和航天技术知识，钱学森在多次开设导弹与星际航行理论课程的讲稿基础上进行了深入研究，整理出了这部 34 万余字的《星际航

行概论》,于1962年2月由科学出版社出版,向全国发行。这本书既是一部专业技术人员的入门专著,又是一本优秀的高水平科普佳作。

《星际航行概论》全书共分14章。钱学森在序言中说这本书试图达到两个目的:

第一,想说明实现星际航行的各个技术问题,从而一方面使投入到这些单个问题作研究的科学技术工作者能了解每一个问题在全部工作中的意义;而另一方面也是要说明星际航行技术的高度综合性,它几乎包括了所有现代科学技术的最新成就,像近代力学、原子能、特种材料、高能燃料、无线电电子学、计算技术、自动控制理论、精密机械、太空医学等。星际航行的更进一步发展不但将对上述这些科学技术提出新的、更高的要求,而且还会对另外一些直到现在还未发生联系的学科,像植物学、动物学、生物物理、生态学、遗传学、地质学等提出研究课题,使这些科学也得到前所未有的推动力,并向新的方向发展。一句话,星际航行是组织和促进现代科学技术的力量,可以广泛地带动各门科学前进。

第二,是说明星际航行实践的复杂性和艰巨性。星际航行事业的每一个部门,研究、设计、试验、制造、发射、通信等都需要一个庞大的组织,都需要一个千万名科学家、设计师、工程师、技师、技术员、工人和其他人员组成的队伍。这些部门工作所需要的设备在质上的要求是最高的,在量上也多。因此,没有一个强大和各方面成套的工业,没有一支多种学科和人数众多的科学技术队伍,就不可能设想全面地开展星际航行工作。自然,星际航行技术并不神秘,分析起来也不过是一般自然规律的具体应用,星际航行技术的基础也还是众所周知的基础学科,如数学、物理、化学等。我们要强调的是:水虽神秘,但也不简单;星际航行是整个现代科学技术最高水平的集中表现,不是轻而易举的。

该书对星际航行中的动力、轨道、制导和通信等各个方面的问题作了全面的介绍和讨论。在动力——火箭发动机方面,着重介绍了包括主要计算公式的动力原理;讨论了燃料选择、设计中的燃烧稳定问题、推力方向的调节、多级火箭的级数和设计的六个阶段等技术实现方面的问题;有关液体火箭发动机的内容及由于新的设计原理出现,而又重新迅速发展的固体火箭发动机方面的问题等。专供星际航行使用的原子能火箭发动机,由于它的喷气速度大于目前用化学燃料的火箭发动机的最大喷气速度(约4公里/秒左右),本书对此也作了详细的描述。

星际航行中属于一般力学范畴的飞行力学问题——轨道问题,由于是实现星际航行的一个关键问题,本书对这一问题的两类情况作了详尽的讨论。一类情况是地面起飞时的轨道问题,如考虑推力、空气阻力和重力变化小的主动段轨道,从中贯穿了如何综合能量的有效利用、气动热防护和加速度变化诸多因素来选择合理的轨道。另一类是从人造地球卫星的轨道上用低推力电火箭系统发射行星火箭的轨道问题。至于飞船以25倍音速以上的速度往返大气层的回地问题,其中主要讨论了不用升力的和用升力的、以空气减速的方法返回大地的轨道方案。

作者各以一章的篇幅叙述了既需要完全自动化又要求高度精确的星际航行制导问题,说明在起飞阶段、在途中飞行、在接近行星三个阶段的不同情况,各有不同的要求;对安全有重大影响的远距离的星际航行通信问题、辐射及其防护问题,考虑失重、超重和宇

宙中人的生活条件的飞船设计问题，以及飞船中所必需的电源，如化学电池、太阳能电池、电磁流体发电机等都作了系统的讨论。最后指出了进一步发展星际航行必须解决的几个方向性问题，如卫星式航行站、火箭回收和海面发射等等。书中还提出了用一架装有喷气发动机的大飞机作为第一级运载工具，用一架装有火箭发动机的飞机作为第二级运载工具的天地往返运输系统的概念。

在上述各部分内容的叙述中，作者力图首先阐明主要问题是什么，而后叙述工程技术的实现途径，最后指出今后的发展方向及可能性。

本书收集了不少火箭照片、原理图以及技术数据，如尺寸大小、可能性；同时也引述了一定的数学推导和计算公式，如火箭发动机的推力公式、喷管的计算公式等等，列举了一些具体计算实例；此外，对实现某些技术问题的困难程度及所需日期等也作了一定的估计。所有这些都给读者以真实的感觉和清晰的数量级的概念。

1956 年 10 月 8 日，我国第一个导弹研究机构——国防部第五研究院宣告成立。当时火箭导弹和航天技术，对我国广大科技人员来说还是相当陌生。钱学森亲自给五院的年轻技术人员和干部职工讲课，从火箭技术的原理、三个宇宙速度，一直讲到宇宙飞船的结构、控制、导航和载人航天。钱学森的这部《星际航行概论》在知识翔实、系统和深入浅出方面，使当时苏联和欧美有关火箭和航天技术知识的同类书籍大为逊色。这本书使我国广大航天航空工程技术人员受到了很大启发，开阔了思路，为我国航天事业的发展起到了积极的作用，在航天科技界备受推崇。从这本书问世到 20 世纪末几乎是我国高等院校火箭和航天专业师生、航天系统科技人员必备的参阅著作。

7.《从飞机导弹说到生产过程自动化》

《从飞机导弹说到生产过程自动化》是 20 世纪 50 年代介绍世界科学技术新成就的一套丛书中的一种，1956 年 9 月由科学普及出版社出版。钱学森在这本小册子里对飞机的发展过程、喷气式飞机、导弹和它的自动控制，以及自动控制在工业中的应用等几个方面作了生动的叙述。他告诉人们：飞机经过怎样的改进，它的速度才接近声速；又克服了什么样的困难，才能比声速飞的更快；以及飞机为什么需要发展成为自动控制的导弹。他告诉人们：怎样给火箭装上眼睛，能够让它自动找到目标；自动化工厂、机关、图书馆等等，为什么可以几乎不要人管理，而能够准确无误地进行工作。

这本小册子通俗易懂，文图并茂，1 万多字的篇幅，竟有 30 余幅照片和插图。

8.《气体动力学诸方程》

《气体动力学诸方程》一书原为英文，是钱学森在美国时为 H. W. Emmons 主编的 Fundamentals of Gas Dynamics, Volume Ⅲ: High Speed Aerodynamics and Jet Propulsion 一书所写的"The Equations of Gas Dynamics"一章，1958 年由 Princeton University Press 正式出版。后由我国气体动力学专家徐华舫教授译为中文，于 1966 年 2 月由科学出版社出版。

《气体动力学诸方程》是一本专业性很强的、阐述气体动力学基本原理的重要著作。气体动力学理论在工程技术，特别是航空工程中有着广泛的应用，气体动力学基本方程组乃是应用的基础。在各个不同的工程技术领域中，鉴于运动的具体条件、对象的侧重方面以及结果的要求各不相同，所用的方程组也常常不尽相同。换句话说，根据特定的

具体情况,忽略了不同的项,并且常常也改变了形式。

《气体动力学诸方程》一书从质量守恒、动量守恒及能量守恒等基本定律出发,导出了微分形式的和积分形式的气体动力学基本方程组,并对于物理背景、假设条件、推导过程的基本思路及方程中各项的物理意义等均作了精辟的说明,给出了一个清晰而完整的概念。这对于方程本身的理解,特别是对具体应用中简化了的方程的认识,将大有裨益。

《气体动力学诸方程》全书共分 16 章,系统地阐述了流体力学的一般问题,提供了分析问题所用的数学方程,最后还给出了一般正交坐标系中的运动方程组的表达形式,及其在各种实际重要的正交坐标系中的具体形式。书中附有许多插图和参考文献,这本著作是 20 世纪 50 年代力学专著中的重要论著。

9. "Collected Works of H. S. Tsien · 1938 - 1956"

"Collected Works of H. S. Tsien · 1938 - 1956"(《钱学森文集》)是 1991 年由科学出版社出版的一部大型英文论文集。它由钱学森的秘书、国防科工委科学技术委员会秘书长王寿云将军整理编辑。

这部巨型英文版论文集收入了钱学森在美国从事科学技术研究工作期间(1938—1956)用英文完成的论文 51 篇,内容包括空气动力学、应用力学、航空科学理论、喷气推进、工程控制理论和物理力学等方面的学术精华。需要说明的是:①钱学森所著"Engineering Cybernetics"一书,于 1954 年由 Mcgraw-Hill Book Company 出版。该书由何善堉、戴汝为译成中文,书名为《工程控制论》,1958 年由科学出版社出版,未收入本文集。②1958 年 Princeton Universty Press 出版的,由 H. W. Emmons 编著的 Fundamentals of Gas Dynamics, Volume Ⅲ: High Speed Aerodynamics and Jet Propulsion 一书,其中 The Eguations of Gas Dynamics 一章,为钱学森在美国所写。这一章后由徐华舫教授译为中文,书名为《气体动力学诸方程》,1966 年由科学出版社出版,也未收入本文集。③钱学森为美国加州理工学院 1943—1944, 1944—1945 两个学年的喷气推进教程主编的"Jet Propulsion—A Reference Text"一书,其中几章为钱学森所写,也未收入本文集。

钱学森的这些科学贡献,都是在这些学科发展的关键时期,把科学理论与改造客观世界的革命精神结合的产物;钱学森的这些科学技术成果,都已伴随他后来为新中国科学技术事业的杰出服务奉献于人民,奉献于民族。因此,如同钱学森后来的科学成就一样,他早年的科学成就也属于中国人民,属于中华民族。今天,我们已经远离了钱学森早年从事科学技术工作的那个时代,但钱学森在推动这些学科发展时所表现的勇往直前的精神,应当为一代一代的后来人所继承和发扬。

10.《钱学森手稿》

由郑哲敏院士主编,谈庆明、涂元季和崔季平为编委,整理编辑的《钱学森手稿》("Manuscripts of H. S. Tsien · 1938 - 1955")2000 年 12 月由山西教育出版社出版。

《钱学森手稿》出版后,引起科技界强烈的反响,全国各大报刊纷纷刊登了各界的评论文章,钱学森又一次成为全世界关注的热点人物。2001 年 6 月 15 日全国人大副委员长、中国科学院院长路甬祥院士对《钱学森手稿》评价:"手稿的出版,为后人学习与了解钱老精深的学术造诣,执著的科学精神和一丝不苟的治学态度提供了一部难得的教材。

对激励我们推进知识创新工程试点，落实‘科教兴国’战略和可持续发展战略，建设国家创新体系，提升中华民族的创新信心和能力具有深远的历史意义。在此，我向钱老表示崇高的敬意，向编纂出版手稿的同志们表示感谢。”

2001 年 9 月 23 日，新华社发表张劲夫的文章：《让科学精神永放光芒——读〈钱学森手稿〉有感》。中央电视台于当晚 7:00 新闻联播对此作了报道，次日，《人民日报》、《解放军报》、《光明日报》和《科技日报》等全国各大报纸刊登了张劲夫的文章。此前，8 月 29 日江泽民总书记读了张劲夫的文章后作出批示：“我们应该向人民科学家钱学森同志学习。”其间，中央电视台、北京电视台等都播出了《钱学森手稿》的特别节目。

《钱学森手稿》2001 年第二次印刷后中科院力学研究所向北京市近 800 所中学各赠送一本，希望广大中学生能够从中学习钱学森先生严谨勤奋的工作作风和探索创新的科学精神，树立献身科学和爱国敬业的远大志向。

这部《手稿》集收入钱学森的科学研究手稿约 500 页，是从钱学森 1938 年至 1955 年在美国从事教学和科学技术研究活动时，留下的大约 15 000 多页原始资料中精心遴选出来的，涉及的内容十分广泛，其中有已经发表或未发表论文的手稿、图表、公式推导、演算稿、数据列表、演讲提纲等，有多种内部报告的手稿和风洞设计的手稿，有对多个学科问题的分析与计算，有与他的导师 Theodore Von Karman（Th. 冯 · 卡门）及与其他科学家的通信；有听课和自学的笔记，有就某些专题所收集的资料汇总及分析，有给他所指导的研究生的便笺等等。《手稿》的编排分为应用力学，喷气推进，工程控制论，物理力学，工程科学及其他六个部分。

据介绍，当年钱学森为了冲破美国当局的阻挠返回祖国，急切之间大量研究资料都未能来得及整理携带，他的这些手稿就散落在办公室和实验室等处。他的好友，美国科学家 Frank E. Marble（费朗克 · 马勃）教授将它们一一收集起来，加以初步分类和整理，并在几十年间始终细心保管，直到 1996 年，才全部送回中国“完璧归赵”。

《手稿》（也有部分打字稿）全部是用英文写的，为了便于读者更好地理解“选编”的内容，编委们在前言和每一节的前面提供了有关的历史背景情况。书中还精选了钱学森同志工作和生活中的部分珍贵照片，不少是第一次发表。

《手稿》突出地表现出钱学森清秀、工整的字体，按照严格标准书写的运算方程和计算公式，以及规范化的列图制表等特征。这种严谨周密的治学精神和治学态度贯穿于他的全部手稿，不论它们是来自草稿、初稿、修改稿还是演算稿或草图，都反映出他一贯的工作作风。从他的草稿，读者可以看到那一串串排列整齐的数据，有的长达八位。要知道在那时最好的计算工具是手摇的机械式计算器，而连最简单的对数函数和三角函数都要从厚厚的专门手册查找，并作内插计算才能得到。可见，这些数据后面包含了钱学森多少辛勤繁杂、严密细致的劳动。

《手稿》作为世界级著名科学家的历史写照，展示了钱学森的才华、成就以及报效祖国的伟大精神。《手稿》不仅反映了钱学森在美国取得的科研成就，而且证明了他是经过怎样的奋斗才取得的。从《手稿》中可以看出，他所学习和研究的领域是很广泛的，不仅有应用力学、喷气推进技术、火箭，还创立了工程控制论、物理力学，并针对祖国的需要，

研究了将航空发动机原理应用于化工和风力发电等方面，特别是在航空和火箭研究上取得的成就是巨大的。例如，他对火箭发动机的动力计算，火箭的导航和控制，远程商用火箭甚至核火箭等，都进行了成功的研究，解决了火箭设计中许多技术、理论问题。

《手稿》还包含反映钱学森与同事和同行交流的材料。钱学森十分重视学术交流和不同学术观点的交锋。他不仅主持自己办的讨论班，而且经常参加别的讨论班，把它们作为自己教学和科研工作的一部分。他也很重视个人间的交流，并时常旁听一些感兴趣的课程，以丰富自己的知识。

手稿不同于论文。论文是科学技术研究成果的集中表现，而手稿则反映作者创造性探索的动态过程。手稿是作者手写的稿子或亲手记录的科学研究过程，它是作者创造性思维的原始动态过程的记录。手稿因其能生动地表现一位杰出科学家的治学精神和治学态度而为更广泛的读者所关注，特别是对青年科学家和青少年有极好的教育示范作用。另外，作为我国一位杰出科学家的工作记录和中华民族优秀文化遗产的一部分，这些材料还有很好的收藏意义。

综观《手稿》的全部内容，读者可以真切地感受到一位人民科学家伟大的人格魅力，并且寻找到他为航天技术的发展，为祖国的强大，几十年如一日孜孜以求的真正原因。这部手稿有助于人们了解钱学森的成功之道，让读者真实地体会到钱学森献身科学事业的执著，治学态度的严密，创造性的思维和向难题挑战的勇气。

11.《军事系统工程》

《军事系统工程》这本著作是钱学森和他的秘书王寿云同志合著的，1979 年 9 月由战士出版社出版。该书是我国第一本论述军事系统工程学的专著，对军事系统工程学的概念、研究方法和内容与范围做了全面论述。

军事系统工程学是军事软科学的一个分支学科。它以系统理论为基础，以信息技术为工具，研究军事系统的组织管理、指挥控制、武器研制、军队作战、后勤保障、军事行政和军事活动等，是实现最优化规划、设计、协调、处理的一门新兴综合性科学。军事系统工程学的研究方法通常分为：系统分析法、模型法、模拟法、概率统计法、数学分析法、运筹分析法、图论法、网络法、计算机辅助决策法等。军事系统工程学的研究步骤是：①认识所要研究系统的分析价值、构成因素及相互关系；②确定系统的范围，并简化到易于量化和分析的程度；③确定系统目标和衡量目标的准则；④综合分析系统特点，拟定适合的备选方案；⑤构造和建立模型，对系统进行相关的定量描述；⑥评价行动方案，根据收集的数据资料，通过计算分析，选择最佳系统；⑦根据所建立的系统，在军事实践中进行检验；⑧不断吸收反馈信息，在动态过程中改善系统的结构、模型和运行机制。军事系统工程学研究的内容和范围主要包括：国防和军事系统的战略分析研究；军事系统总体的预测分析研究；作战指挥的模拟分析研究；军队院校和部队的训练教学模拟分析研究；武器装备研制的论证分析研究；后勤保障和物资供应的科学化、系统化管理研究；军队组织体制的论证分析研究；军队行政管理的最优化分析研究；军队思想政治工作的论证分析研究等。军事系统工程学所属的分支学科包括：作战系统工程学、军事组织系统工程学（包括：军队行政系统工程学、军队政治系统工程学、军队后勤系统工程学）、军事科学系统工

程学、军队技术系统工程学(包括:武器研制系统工程学、军事“人-机-环境”系统工程学、军事工程系统工程学、军事航空航天系统工程学)和坦克维修系统工程学等。

该书是钱学森建议军事部门将军事系统工程学原理与方法作为不断向现代化迈进的重要手段,是他在军事系统工程方面开创性研究成果的汇集。在钱学森的倡导和帮助下,我军有关部门广泛开展了军事系统工程学的研究,配备了军事系统工程的专业技术人员,设置了研究和运用军事系统工程以及发展各种军事系统工程理论与方法的专门机构,并在军事高等院校设置了军事系统工程专业,培养出了一大批高质量、高水平的军事系统工程人才。

12.《论系统工程》

钱学森是我国科技界公认的系统工程这门现代科学技术的创始人。钱学森等著《论系统工程》是一本论文集。这本文集有两个版本,即1982年的初版和1988年增订版,因为两个版本变化比较大,在此我们分别加以介绍。

《论系统工程》首版于1982年12月由湖南科学技术出版社出版。收入钱学森的论文13篇,他和他的合作者共同撰写的论文6篇,还有运筹学专家许国志和顾基发同志合写的论文1篇。其中3篇系第一次公开发表。20篇论文形成了一个有机结构。

钱学森长期致力于我国国民经济组织管理的科学技术体系和科学方法等问题的研究。他以马克思主义哲学思想为指导,汲取国外科学研究的最新成果,联系我国经济建设实际,高瞻远瞩,形成了他自己的科学思想体系;他把系统工程定为组织管理的技术,论述了它在我国国民经济建设中的重要作用。这些观点早已为我国广大的科技人员和从事管理科学的同志所接受,不仅得以指导各自的工作,而且获得了难以估量的巨大的经济效益。钱学森等同志在这本论著中,对系统工程、系统科学提出了许多深刻的见解。系统工程是组织管理的技术,也就是把传统的组织管理工作总结成为科学技术,并使之定量化,以便用数学方法进行描述。组织管理的对象即为“系统”,复杂系统的系统工程要用大型电子计算机。本书论述所及的系统对象,包括社会、经济、法制、军事、科研、农业、计量、标准、图书资料、档案文献、人才管理,以及整个科学技术体系。由系统工程这一大类工程技术,系统工程的理论方法——运筹学、控制论和信息论,以及系统工程的基础理论——系统学,构成一个新的科学技术门类——系统科学。系统科学是与自然科学、社会科学、数学科学、思维科学、人体科学并列的,这六大科学技术门类组成独特的现代科学技术体系。钱学森运用马克思主义哲学的观点,吸取一般系统、理论生物学、耗散结构理论、协同学、超循环理论以及突变论的成果,对此作了精辟的论述,并指出了系统科学的研究方向。由工程实践入手,经过技术科学的提炼和基础科学的抽象,再经过系统观这座桥梁的过渡,达到马克思主义哲学的最高概括,这就是钱学森在本书中运用的科学方法。

通过这本书可以看出,系统工程与系统科学在钱学森手中得到了新的具有中国特色的发展。首先,钱学森将系统工程与系统科学思想应用于整个科学技术体系,给出了全部科学的层次结构;其次,钱学森等将系统工程与系统科学思想应用于组织管理工作,对社会这个大系统进行了自然科学的定量控制的设想;第三,钱学森等将系统科学与系统

工程理论拓展开去，提出了建立系统学的任务。这本书基本表达了钱学森独到的科学思想体系，体现了作者的马克思主义理论水平和掌握与运用自然辩证法的深度，这对从事科学研究的同志，都具有重要的参考价值和启发作用。

13.《论系统工程》(增订本)

《论系统工程》一书出版后受到我国广大组织管理工作者、系统科学工作者、经济理论工作者、科学学工作者、哲学工作者，以及大专院校有关专业师生等的欢迎。1988 年 2 月，又由湖南科学技术出版社出版了《论系统工程》的增订本，同年 10 月已印刷三次。增订本在首版的基础上增加了 25 篇论文，其中属于钱学森或与他人合著的论文 12 篇，属于钱学森的学生宋健和于景元等同志的论文 13 篇。全书由 47 篇论文汇编而成，近 40 万字，显示出系统工程与系统科学的博大精深的内涵。它是目前国内论述系统工程与系统科学最权威的著作之一。

如果说，《论系统工程》一书已经提出并探讨了上述问题，那么，《论系统工程》(增订本)则更全面更具体更详尽地研究了这些问题。钱学森用系统的观点分析了现代科学技术的结构，在《论系统工程》(增订本)的"现代科学技术的特点和结构"等论文中，阐述了自然科学的研究对象、自然科学发展到现代科学技术、现代科学技术走向严密的体系、现代科学技术的整体结构、掌握认识世界和改造世界的学问五个方面的问题。文中写道："现代科学技术不单是研究一个个的事物、一个个现象，而是研究这些事物、现象发展变化的过程，研究这些事物相互之间的关系。"今天，现代科学技术已经发展成为一个很严密的综合起来的体系，这是现代科学术的一个很重要的特点。

《论系统工程》(增订本)的作者们通过对领导机关的改革、人口控制、环境保护、企事业组织管理、法制和政治建设、对外贸易等问题的研究，显示出系统工程与系统科学的巨大威力。如"人口系统科学"一文，提出了人口系统的建模、人口系统预测、人口系统最优控制、人口分布参数系统理论等。这些系统科学理论的建立，为准确地预测和控制人口提供了坚实的基础。

宋健等应用线性算子谱论和半群理论，首先证明了任一定常人口系统都存在一个临界妇女总和生育率。研究结果表明，在我国土地上养育的总人口以不超过 7 亿为宜。为了实现这一目标，就必须进行控制。宋健首先证明了最优控制是存在的，而且得到了它所应满足的必要条件。

人口系统科学的产生和发展，为我国基本国策的运筹提供了重要的数据论证，而对社会科学与自然科学的结合则有着更为深远的意义。它突破了过去那种不能用自然科学方法研究社会问题的思想束缚，证明了定量研究方法对社会科学具有重要作用。

钱学森注意到解决大系统工程问题时，要善于利用不能称之为"科学"的人的知识和经验，依靠专家判断力，如他提出吸收中医理论的精华；又如，他提出运用邓聚龙教授的"灰色系统"方法等。他认为：处理复杂行为系统的定量方法学，是科学理论、经验和专家判断力的结合。这种定量的方法学，是半经验半理论的；提出经验性假设(猜想或判断)，是建立复杂行为系统数学模型的出发点。这些经验性假设(猜想或判断)不能用严谨科学方式证明，但需用经验性数据对其确实性进行检验。这一思想在《论系统工程》(增订

本）的军事、历史系统科学论文中都得到了体现，即用系统学去建立和调整模型——系统辨识。钱学森提出：为了使马克思主义的历史科学定量化，第一要靠正确的哲学指导；第二要靠现代科学，特别是系统科学的理论方法；第三要靠现代工具——电子计算机；第四要靠历史科学工作者的正确判断。而第一条和第四条是决定研究工作成败的关键。

《论系统工程》（增订本）一书向我们揭示了系统工程和系统科学发展的许多新思想、新信息，把握住建立系统科学的契机，就有可能自觉地去迎接正在孕育着的当代科学技术的一个伟大的飞跃。

从整个国民经济规划到一个单位的管理，从一国发展战略的制定到一项科研计划的实施，都要应用系统工程方法。国内许多地区为了促进本地区经济发展，运用系统工程方法制定本地区经济、科技、社会协调发展的规划，开展未来研究、已经取得了很好的效果。

14.《创建系统学》

钱学森著《创建系统学》这本文集，44 万字，2001 年 11 月由山西科学技术出版社出版。出版这本文集是为了纪念钱学森 90 寿辰，同时也是把他创建系统科学理论与方法的原始创新思想奉献给广大读者，以引起更多人的兴趣和研究，促进我国系统工程和系统科学事业更快地发展起来。

20 世纪 70 年代末期，当钱学森即将从国防科研一线领导岗位上退下来的时候，他就把主要精力集中在系统工程的推广应用和系统科学理论的探索和研究上。以后的 20 多年的时间，是钱学森系统思维、系统思想非常活跃的时期。一方面是面向社会实践的应用；另一方面是面向理论的创新。把理论和实践紧密结合起来，是钱学森从事科学技术研究的一贯特点。在大力推动系统工程应用的同时，他提出了一个清晰的现代科学技术体系结构，并具体论述了系统科学体系结构，指出系统科学如同自然科学、社会科学、思维科学、数学科学等一样，是现代科学技术体系中的一个科学技术部门。在系统科学体系中，处在应用技术层次上的就是系统工程，这是直接用来改造客观世界的工程技术；处在技术科学层次上，直接为系统工程提供理论方法的有运筹学、控制论、信息论等；而处在基础理论层次上的便是系统学（systematolgy）。系统学是研究系统一般规律的基础科学，这是一门尚待建立的新兴学科。1979 年，钱学森在一次学术报告中，就提出了建立系统学的任务。

为了建立系统学，钱学森一方面推动系统工程的应用，另一方面采取了讨论班的方式进行探讨。在他的亲自倡议下，从 1986 年 1 月 7 日，北京地区的部分科研单位组织了“系统学讨论班”的学术活动。从开始到 1992 年底的 7 年时间里，钱学森不仅坚持不懈地参加了每一次“系统学讨论班”的学术活动，而且还发表自己的看法和观点，与大家平等地讨论问题。在这些学术活动和交流中，钱学森对系统学和系统科学提出了许多创新的学术思想和重要观点，提炼了很多重要的科学概念，建立了新的系统方法论。所有这些对创建系统学和发展系统科学，都具有重要的科学价值和深远的学术影响。

《创建系统学》这本文集所收集的正是这段时间钱学森所发表的有关讲话、论文和书信。该文集的编排也是由讲话、论文和书信三大部分构成。第一部分收入讲话稿 23 篇，

第二部分收入论文23篇,第三部分收入钱学森用书信与众多专家学者讨论学术问题的信件188封。这些讲话、论文和书信绝大部分是从未发表过的。通过这些文字,我们可以看出钱学森的系统科学思想发展历程、原始创新思想以及系统理论与方法研究的深度和广度。这些进展也标志着钱学森的系统思想、系统方法、系统理论和系统应用进入了一个新的阶段,达到了新的高度,是钱学森科学精神、科学思想和科学方法的重要组成部分。

15.《关于思维科学》

20世纪80年代以来,人工智能研究已成为国际上的一大热门,但学术思想却处于混乱状态。在这样的背景下,钱学森站在科技发展的前沿,提出了创建思维科学(noetic science)这一科学技术部门,把20世纪30年代中国哲学界曾议论过,有所争论,但在当时条件下没法讲清楚的主张,科学地概括为思维科学。

钱学森在20世纪80年代初提出了创建思维科学技术部门,他认为:思维科学是处理意识与大脑、精神与物质、主观与客观的科学,是现代科学技术的一个大部门,推动思维科学研究是计算机技术革命的需要。钱学森把思维科学划分为思维科学的基础科学、思维科学的技术科学和思维科学的工程技术三个层次。基础科学包括:抽象(逻辑)思维学、形象(直感)思维学、灵感(顿悟)思维学和社会思维学等;技术科学包括:结构语言学和数理语言学、模式识别、情报学和科学方法论等;工程技术层次包括:人工智能、计算机软件工程、密码技术、情报资料库技术、文字学和计算机模拟技术等。

钱学森主张把发展思维科学同人工智能、智能计算机的工作结合起来。他把系统科学方法应用到思维科学的研究中,提出思维的系统观。钱学森根据现代科学技术发展趋势,倡导思维科学研究,发表了一系列重要论著,如《关于思维科学》、《开展思维科学的研究》等奠基性文献。不少专家学者也从不同方面、不同角度对思维科学进行了探讨。

《关于思维科学》这本论文集,于1986年7月由上海人民出版社出版。本论文集由钱学森收集并亲自编排次序的25篇论述思维科学的论文汇编而成,其中属于钱学森撰写的论文六篇。文集还收入高士其、李泽厚、胡寄南、戴汝为等著名科学家有关思维科学的论文和讲话。钱学森在“后记”中对论文的编排分组作了说明,对各组(篇)论文作了精当的评介。

这本书指出,思维科学是现代科学技术体系中的一个组成部门,并阐述了思维科学的内容和结构。探讨了研究思维科学应当运用的方法,以及思维科学的实际应用范围。

16.《社会主义现代化建设的科学和系统工程》

《社会主义现代化建设的科学和系统工程》一书,约23万字,1987年12月由中共中央党校出版社出版。本书汇集了钱学森20世纪80年代前期多次在中央党校所作的报告、演讲的讲稿和部分相关文章。全书由研究社会主义现代化建设的科学,现代科学技术,社会主义现代化建设的系统工程三编组成,共19章。

这本书涉及的内容十分广泛,是钱学森认真学习马克思主义、毛泽东思想,研究现代科学技术,并运用这些理论和知识探讨中国社会主义现代化建设的理论和实践的结晶。综观全书内容,系统完整,是广大干部了解现代科学技术知识和进行理论教育的很好教材。

17.《现代科学技术的知识和我国科技政策讲座》

《现代科学技术的知识和我国科技政策讲座》这本书是以钱学森为主编，吴义生为副主编，为中共中央党校函授学院编写的教材，1986 年由中共中央党校出版社出版。它是一本让广大干部了解现代科学技术知识和掌握我国科技政策的好教材。其中前三讲："研究社会主义的大战略，创立社会主义现代化建设的科学"、"现代化科学技术的特点和体系结构"和"系统工程和系统科学的体系"，收入钱学森等著《论系统工程》(增订本)。在第一讲里，从社会形态和社会革命的角度出发，对科学革命、技术革命和产业革命，及人类历史上的六次产业革命作了系统的阐述；从现代战争的特点出发，分析和展望了 21 世纪的世界发展趋势，认为打热战，特别是打核大战作为国际争夺手段越来越受到限制，和平的力量在增长，而科学技术的重要性越来越突出，因此，21 世纪是"科技立国"的世纪，不是动武的热战，是动"文"的"科技战"；科技发展要靠人，人的智力，所以 21 世纪又是"智力战"的世纪。全面系统地提出创立社会主义国家科学的体系，这是一个社会科学和自然科学综合的体系，这个体系分为八个功能部门、三个层次。八个部门，即物质财富生产、精神财富创造、服务事业、行政、法制、国际交往、国防、环境保护等；三个层次，即每一个功能部门都要建立像系统工程技术那样的为改造客观世界的一套技术，在这套技术上面一层是为它提供理论根据的技术科学，这些技术科学再总起来构成社会主义国家学。在这一讲里还系统地介绍了领导科学与艺术、干部的培养，以及决策咨询机构所需的科学技术。第二讲，首先从自然科学的研究对象出发，阐明自从自然界产生人类以后，人和自然就相互作用、相互影响，自然科学的研究范围也相应地扩大，研究对象也更加复杂。提醒人们必须改变 16、17 世纪流行的自然科学只纯粹地研究自然界的观念。进而又从科学技术史的角度阐述了自然科学发展到现代科学的历程，现代科学严密的体系和整体结构。他认为现代科学技术一方面是分化，成立新的部门；一方面又形成体系，严密结构。认识现代科学技术的体系结构，是学习掌握认识世界和改造世界学问的锐利工具。最后从整个现代科学技术的深度阐述了宇宙物质结构的五大层次。钱学森认为这种科学探索已经深入到世界的本原问题，以前非马克思主义哲学家提出的本体论也就从古老的哲学分化出来，进入了自然科学。第三讲，阐明了"系统"和系统思想，及系统工程的概念。钱学森认为系统的概念来源于古代人类的社会实践经验，人类在知道系统思想和系统工程之前，就已经在进行辩证思维了。古代辩证唯物主义的哲学思想包含了系统思想的萌芽。系统工程就是从系统的认识出发，设计和实施一个整体，以求达到我们所希望的效果。系统工程的显著特点：它是一类包括许多门工程技术的一大工程技术门类；它是要改造客观世界的，是要实践的，系统工程的发展将是一项新的技术革命。提出了建立系统科学的基础科学——系统学，和系统科学体系。在这一讲钱学森还系统地、精辟地介绍了冯・贝塔朗费的一般系统论、普里戈金的"耗散结构理论"、哈肯的"协同学"、艾根的"超循环理论"以及 H. Frohlich 等人设想把协同学理论直接运用于细胞繁殖现象的工作。钱学森认为冯・贝塔朗费、普里戈金、哈肯、艾根和 H. Frohlich 的工作，都是自然科学和数学科学的研究，为系统科学的基础科学——系统学，提供了重要的构筑材料。一切可以引用为系统学结构材料的现代科学发展，还有与大系统和巨系统有关的

微分动力体系，以及多维非线性动力体系中出现的有序化相反的“混沌”（所谓“奇异吸引子”理论）等。这都说明系统学的建立工作是一项意义重大而又十分艰巨的科学事业，系统科学体系的建立孕育着一场21世纪初的科学新飞跃，一次科学革命。

18.《现代科学技术和科技政策》

钱学森主编《现代科学技术和科技政策》一书，1993年由中共中央党校出版社出版。钱学森在这本书的第80页的一段论述中指出：“现代科学技术不单是研究一个个的事物、一个个现象，而是研究这些事物、现象发展变化的过程，研究这些事物相互之间的关系。今天，现代科学技术已经发展成为一个很严密的综合起来的体系，这是现代科学技术的一个重要特点。”（引自钱学敏《试论钱学森的“大成智慧学”——谨以此文祝贺钱老九十寿辰》，《首都师范大学学报》社会科学版，2001年第3期）

19.《论人体科学》（北京版）

钱学森等著《论人体科学》（北京版）一书，1988年12月由人民军医出版社出版。全书近27万字，由人体科学论述，关于人体特异功能论述，关于祖国医学与气功理论的论述三部分组成。共收入钱学森、张震寰、陈信、梅磊等科学家和领导同志的论文、报告、讲话和通信等文献44篇，其中属于钱学森的35篇。

钱学森是中国人体科学的倡导者。20世纪70年代末，当人体特异功能是真是假，社会各阶层人士众说纷纭，争论激烈的时候，以钱学森为代表的一大批科学工作者，既不是盲目地随声附和，也不是轻率地想当然地加以否定，而是踏踏实实地做了大量的很有意义的工作以捕捉现象到核实事实；从现场表演到实验测试数据，特别是定点定人实验测试工作，重复性很好；从客观现象到理论思维。他们进行了认真的极其严肃的科学研究论证，提出一个假说：人类对自身的认识没有完，人体可能存在某些特殊功能、潜能，尽管用现代科学技术还解释不清楚，但必须进行科学研究，需要揭示和开发利用。开展对人体的研究势在必行，而且必须用马克思主义的科学世界观指导才有出路。

钱学森长时间和人体科学研究工作者在一起，他不惜花费大量时间和精力参加人体科学学术报告会和科学实验汇报会，认真研究来自各方面的实验报告和研究论文，热情地帮助他们端正学术思想和解决各种难题，诚恳地指导他们采用新的思路和新的科学方法，鼓励他们大胆地工作，谆谆告诫大家：坚持讲科学，讲实际，讲实事求是，讲辩证唯物主义；反对迷信，反对空论，反对弄虚作假，反对唯心主义形而上学。更为重要的是，在这些活动中，钱学森总揽全局，征集、整理有用的资料，听取各方面专家学者的意见，认真地总结经验，进行了艰苦的理论探索工作，取得了极其丰富的科学成果和经验。历史总有一天会告诉人们：钱学森在人体科学研究方面作出的贡献，将为下一个科学革命的实现一并载入史册。

20.《论人体科学》（四川版）

在钱学森创建的现代科学技术体系里，体育科学归属人体科学这一大科学部门。1987年7月钱学森在给一位作者的信中指出：“……用电子计算机来对人体运动的训练过程作程序控制，这诚然是‘体育工程，Athletic Engineering’；而这门工程的理论基础应成为‘体育动力学，Athleticodynamics’，是一门技术科学。它们都属于人体科学这一科学

技术的大部类。"显然,对于体育科学研究来说,人体科学具有重要的指导意义。

因此,1989 年 5 月,四川教育出版社在推出一套研究体育科学的理论丛书之前,以《论人体科学》这个书名,汇集了钱学森 20 世纪 80 年代有关人体科学的重要论述 17 篇,近 20 万字,作为丛书开卷第一本介绍给读者。

21.《创建人体科学》

钱学森等著的《创建人体科学》这本巨著,全书 63.5 万字,附图 60 幅,1989 年 5 月由四川教育出版社出版,钱学森亲自命定书名。这本书填补了我国在人体科学研究方面没有专著的空白,是我国人体科学研究的第一部开创性巨著。

钱学森 20 世纪 80 年代初期,依据当时一些科研单位和大专院校对人体特异功能研究的情况,倡导建立"人体科学"这一崭新的概念。它指的是一个科学体系——在整个现代科学技术体系结构中,它是在自然科学、社会科学和数学科学等各大门类之外,一个正在形成的新的大门类。人体科学的研究范围是研究人的功能,如何保护人体的功能,如何进一步发展人体潜在的功能,发挥人的潜力的科学。

《创建人体科学》这本巨著,由理论探索,综合评述,实验研究三大部分构成。理论部分全面阐述了人体科学的概念、性质、地位、研究范畴和研究方法,及其与其他科学特别是横断学科的关系,收入了钱学森 20 世纪 80 年代有关人体科学的重要论述 17 篇,前面的《论人体科学》(四川版)便是这 17 篇论文的专集。钱学森的这些论文中有不少是人体科学的奠基性文献。

22.《人体科学与现代科技发展纵横观》

1980 年钱学森提出创建人体科学这一新的科学部门。为此,他在 1983 年到 1987 年的 5 年间,以大量的时间和饱满的热情,常年坚持到国防科工委所属的航天医学工程研究所参加学术活动,同科研人员讨论交流,观看实验实况等,并联系现代科学技术的发展,作了几十次讲话和发言。在参加研究所的学术活动中,发表了许多有指导意义或参考价值的意见。《人体科学与现代科技发展纵横观》这本书,就是钱学森这一时期的 105 篇学术报告、论文和言论的集成。全书 34.7 万字,1996 年 9 月由人民出版社出版。它充分体现了钱学森学术研究的思想和作风。

从这本书里我们可以看到,在这一时期,钱学森的学术思想极其活跃,他的系统科学思想、科学技术体系思想、人体科学思想、思维科学思想,科学技术研究思想、方法、技巧,以及对科学技术革命,工业革命的看法等,得到了充分的发展,并达到成熟的阶段。

该书对人体科学的框架结构和研究内容作了全面论述。首先给出了人体科学的概念和定义。即人体科学是研究人体这个开放性复杂巨系统和它在客观环境中所处的微观上及宏观上系统的功能,与系统的结构以及这个系统功能行为效益的科学。第二,确立了人体科学的体系。这里主要是确定这门科学的三个层次及各层次所要研究的课题。这三个层次是:基础科学,包括生理学、心理学、脑科学、精神学等;技术科学是指直接改造客观世界的理论,包括中西医理论、人机功效学等;再就是实用科学,这个层次把技术科学直接同使用联系起来,钱学森在这里强调了"人-机-环境系统工程学"的作用。第三,明确指出了人体科学研究内容及范畴。这便是人体功能态,用人体功能态理论指导

研究人体现象，就能够科学地研究和解释这些特殊现象的规律及其机制，避免走邪而陷入唯心主义和机械唯物主义的泥潭。第四，必须用马克思主义哲学——辩证唯物主义指导研究工作。在如何运用马克思主义指导上不是原则、笼统地讲，而是以"人天观"作为"桥梁"，即人体科学在以辩证唯物主义哲学指导研究时是通过"人天观"的这座"桥梁"，亦即具体指导哲学实现的。

钱学森根据人体科学研究的实践，总结了人体科学研究中的经验，概括出科学指导思想是整体论和还原论辩证统一高层次的系统论，继而总结出定性定量的综合集成法等等。因此，从这个角度上看，《人体科学与现代科技发展纵横观》又是一个时期以来人体科学研究者的成果概括。

此外，在这本书中钱学森以人体科学为主线论述了与其他各类科学，如生理学、心理学、物理学、医学、脑科学、教育学、思维学以及电子计算机等科学仪器的关系。各有关学科的科学家、科技工作者如能读读钱学森的部著作也会大有裨益的。

23.《论人体科学与现代科技》

钱学森是许多交叉科学和横断性学科的倡导者。20 世纪 70 年代后期以来，他站在自然科学与社会科学交汇处，提出和建立了许多创造性学说，在国内外学术界产生了很大影响。1998 年 12 月，由上海交通大学出版社出版的钱学森这本《论人体科学与现代科技》，便是一部基本上汇集了 20 世纪 70 年代后期到 90 年代前期，钱学森的大部分重要论述的鸿篇巨制。

《论人体科学与现代科技》一书收入钱学森的论文、学术报告、演讲稿等 176 篇，由特载、人体科学、现代科技、科教兴国四个部分组成。

特载开篇是 1989 年 8 月 7 日中共中央总书记江泽民、国务院总理李鹏亲切会见钱学森的实况；其他两篇，一篇是钱学森在国防科工委和中国科协祝贺他获得"小罗克韦尔奖章"时的讲话，一篇是钱学森在国务院和中央军委授予他"国家杰出贡献科学家"荣誉称号仪式上的讲话。

人体科学部分，基本上收全了钱学森关于人体科学的所有论述。

现代科技部分，包括现代科学技术体系结构和学科论述。钱学森把现代科技研究领域分成十一个大部门，不仅把经典的研究归纳进去，而且把新兴的学科也都囊括无遗。用马克思主义哲学统领一切，然后各有各的过渡桥梁，对基本理论、技术理论、工程技术三个层次阐述得一清二楚，使纷繁杂乱的现代科技研究变得清晰有序。

对各类学科的论述，从数学、现代力学、高能物理、思维科学、人体科学、系统科学、美学、军事科学、管理科学、行为科学、中医系统理论、食疗……都作了论述。

科教兴国部分，包括未来展望、人才培养和科协工作。从中可以看到钱学森对 21 世纪科学技术的展望，可以看到钱学森论教育，论学术道德，可以看到钱学森对老一辈科学家李四光、竺可桢的尊敬与怀念。

该书被教育部社会科学研究与思想政治工作司评为全国大学出版社庆祝建国 50 周年 500 种精品图书。《论人体科学与现代科技》这部巨著不仅是研究人体科学和现代科学技术不可多得的参考著作，也是研究钱学森学术思想的重要文献。

24.《论地理科学》

钱学森自1983年以来一直致力于创立新的科学部门——地理科学。他认为:“地理科学对于社会主义建设来说,是一门迫切需要的科学,是科学建设社会主义所必要的理论”。从地理科学的性质、体系结构、研究对象、研究方法以及研究意义,到研究队伍的建设,钱学森都花费了大量的精力,进行了潜心研究,并获得了许多精深、独到的见解。

1986年钱学森正式提出“地理科学”这一划时代的概念,并将其列为第十大科学技术部门。他将地理科学的体系结构划分为三个层次:基础科学层次。地理科学的基础科学就是地球表层学,就是对人在地球上进行活动的这个区域进行系统地研究等。技术科学层次,这是把基础地理科学应用到工程技术层次作准备的中间层次,如数量地理学、生态经济学、环境科学、国土经济学、城市学等等。工程技术层次,这是地理科学在直接改造客观世界方面的学问,带有工程技术性质,如城市规划、环境保护、水资源、气象预报、地震预报、地区发展战略等等。

钱学森从地球表层入手,运用系统科学方法对地球表层学、地理系统、地理科学进行了开拓性和独创性的研究,并进而将地理科学理论上升到社会主义地理建设这一马克思主义哲学高度,这对发展和完善社会主义建设理论具有重要意义。

钱学森认为地理系统是一个“开放的复杂巨系统”,而研究这类系统只能用由我国科技工作独创的“从定性到定量的综合集成法”。他之所以花大量精力来研究地理科学,是因为他认识到地理环境是我们人类赖以生存的基础,地理环境直接关系到我们国家社会主义物质文明和精神文明以及社会主义民主与法制建设的成败。由此,钱学森又提出“地理建设”这一崭新概念。

《论地理科学》这本书,1994年9月由浙江教育出版社出版,汇集了钱学森在这一时期散见于历次学术会议上的有关地理科学的核心思想发言,以及发表在各种学术刊物上的文章。这些划时代的学术思想在学术界引起了强烈震动。

25.《杰出科学家钱学森论城市学与山水城市》

《杰出科学家钱学森论城市学与山水城市》一书由鲍世行、顾孟潮主编,1994年9月中国建筑工业出版社出版。全书33万余字,分上中下篇及附录。上篇收录了钱学森关于城市学与山水城市的论述和信函20余封;中篇是各方面专家学者关于城市学的论述文章;下篇为各方面专家学者关于山水城市的论述文章;附录收入海内外有关学术研究动态的报道。

钱学森倡导建立城市科学的牵头学科——城市学,以及探讨具有中国社会主义特色的21世纪城市模式——山水城市,得到了各方面有关专家和各级领导同志的响应,并掀起了一场讨论热潮。《杰出科学家钱学森论城市学与山水城市》一书就是在上述背景下产生的。这本书概括地反映了20世纪90年代中国处在城市化加速发展的进程中,对城市科学基础理论的迫切需求,以及相应的城市科学研究与实践的初步成果。

26.《杰出科学家钱学森论城市学与山水城市》(二版增补本)

《杰出科学家钱学森论城市学与山水城市》一书面世后,在海内外引起了强烈的反响,于是很快又于1996年5月增补出版。增补篇新增补的10万余字,包括钱学森和国内

外各方面专家的通信42封、有关论述，以及信中涉及的有关资料，具有极为重要的理论价值。

从该书中可以看到，钱学森自1985年提出建立城市学的建议，1992年又提出城市发展模式——山水城市，1994年提出建筑哲学问题，1996年提出建筑科学体系问题等有关建立建筑科学大部门思想的形成与发展轨迹。

钱学森在该书中的一系列论述，对建筑业、建筑体制、运行机制、建筑教育以及发展方向、模式等都提出了许多新的探索思路和提高途径。

27.《杰出科学家钱学森论山水城市与建筑科学》

20世纪80年代中期，钱学森首倡建立城市学科学的牵头学科——城市学；90年代初，提出具有中国特色的21世纪城市模式——山水城市的科学构想；90年代中期，钱学森又提出建立建筑科学大部门的建议。这对于建筑科学学科体系的深化有着极大的推动作用，在国内外学术界、城市建设与建筑业领导层得到热烈响应和高度评价。该书1996年6月，由中国建筑工业出版社出版。该书概括地反映了20世纪80—90年代中国处于城市化加速发展的进程中，对于城市学、建筑科学和山水城市发展模式等基本理论研究的成绩与付诸实践的丰硕成果。

这本书收入钱学森关于城市学、山水城市、建筑科学的书信及文章70余件，均有着极为重要的理论参考价值和历史文献史料价值。书中同时收入各方面专家学者和领导人给钱学森的信函近百件、各方面专家学者的论文60余篇。山水城市篇除收入有关理论研究成果外，还有近年来重庆、武汉、自贡、章丘等20多个城市研究、规划、建设、创造山水城市的宝贵的实践经验，可资借鉴。

28.《钱学森论山水城市》

《钱学森论山水城市》由陇海兰新城市建设联合会与郑州城市科学研究会汇编，1999年1月出版，全书6万字。该书汇集了钱学森1958—1998年有关城市建设和山水城市的论述。全书分成上下两篇，上篇主要选自《杰出科学家钱学森论城市学与山水城市》一书，下篇则主要选自《杰出科学家钱学森论山水城市与建筑科学》一书。

29.《论宏观建筑与微观建筑》

钱学森著，鲍世行、顾孟潮、涂元季主编的《论宏观建筑与微观建筑》一书，2001年6月由杭州出版社出版。该书收入钱学森院士有关建筑科学的文章和书信197篇。这些文章和信件记录了钱学森从20世纪50年代以来，研究和探索建筑科学的历程，展示了他深邃的学术思想和广阔的学术研究视野。

《论宏观建筑与微观建筑》结构眉目清晰、重点突出。全书分为园林学、城市学、山水城市、建筑科学和其他五个部分。各个部分均以钱学森有关园林学、城市学、山水城市和建筑科学等方面的经典论述为主体，并辅以少量必要的注释。书前有题为“钱学森建筑科学思想的由来与发展”的导读性文章，书后附有作者和主编的简历，钱学森与建筑科学大事记。周干峙院士为该书作序赞誉：“近年来，由于钱老的推动，使建筑科学，不论从深度上或广度上都上了一个新的平台。”因此，可以说《论宏观建筑与微观建筑》是一本集学术性、资料性与欣赏性于一体的好书。

30.《科学的艺术与艺术的科学》

多年来,钱学森努力促进科学家与艺术家的结缘与合作,他一直在思考"科学与艺术结合"这一重大问题。他认为,科学与艺术的思维方式是互相促进、相辅相成的。文学艺术在整个现代科学技术体系中,虽有其特点和特殊地位,但其内容、思维方式与科学技术是互相贯通、互相补充、融为一体的。科学技术工作往往侧重于逻辑思维,即具体分析事物的各个部分、各个方面、各个层次,加以严格的、冷静的逻辑推理,综合集成,去把握事物的整体性质和发展规律;文学艺术活动往往侧重于非逻辑思维,即通过直观感受、灵感、潜意识等,运用形象思维和丰富的情感,去领会、想象,形成对事物完整的认识,从复杂多变的现象中揭示出深刻的本质。

半个多世纪以来,在钱学森攀登过的崎岖山路上,留下了他探寻科学技术艰苦跋涉的足迹,也洒下了他富于想象、灵活、创新的艺术情趣。通过阅读《科学的艺术与艺术的科学》这本书,我们可以看到钱学森不仅拥有一个广阔无垠的科学世界,而且拥有一个绮丽多彩的艺术世界。

钱学森著、钱学敏编辑的《科学的艺术与艺术的科学》,全书近 19 万字,1994 年 12 月由人民文学出版社出版。这本书汇集了钱学森有关科学与艺术的论述 23 篇,由两个部分构成:第一部分的内容涉及思维科学、文化学、哲学、文艺学和文艺学美学方法论、社会主义文化建设、精神文明建设和文艺工作、科学技术现代化对文学艺术现代化的推动、建立研究科学技术和文学艺术之间相互作用的规律。第二部分是钱学森关于科普工作的开展、科普观、科普史研究、科教电影电视、出版工作、园林艺术及山水城市的论述。

书中还发表了钱学森关于科学与艺术、从思维角度研究中国古代文学、文艺理论、文艺学、"灵象"艺术、美学、美术、科学家的艺术修养、艺术与技术相结合和科学普及等方面的通信 13 封。

书末有钱学敏教授撰写的生动的长篇"编后记",叙述了钱学森青少年时期,家庭和学校对他在书法、美术、音乐、文学等方面的良好教育,音乐家妻子蒋英教授的艺术熏陶,以及钱学森倡导的艺术应当随时代为人民大众服务,大成智慧与灵感思维,艺术与科学技术相结合的思想见解。

31.《钱学森论第六次产业革命通信集》

钱学森著《钱学森论第六次产业革命通信集》一书,2001 年 10 月由中国环境科学出版社出版。

《钱学森论第六次产业革命通信集》一书收入了 1983 年至 1999 年 16 年间,钱学森关于"第六次产业革命"(即以生物技术为核心所引发的大农业革命)的通信计 186 封。

在 20 世纪末叶的 20 年里,钱学森对科学技术革命和产业革命进行了深入的研究与探索,提出了一系列精辟的见解。他的这些见解集中地反映在他的学术报告和论文之中,也散见于他与众多学者的通信和谈话之中。通过阅读钱学森教授十多年间围绕"第六次产业革命"与众多专家学者的私人通信,可以寻找到这位杰出科学家关于"第六次产业革命"的思考、思路的发展和延伸,论点的完整和完善等创造性思维的活动过程。

全书分为书信篇和附文两部分。书信篇以钱学森的观点精彩、论述精炼的书信为主

体，并辅以通信的背景和收信人的基本情况；为了帮助读者阅读理解，本书的附文部分还收入了收信人自己撰写的通信背景和个人感受，以供参考。比如该书的编者刘恕（原甘肃省副省长、中国科协副主席）研究员撰写的"传道、授业、解惑"一文，不仅深情地回忆了她本人与钱老多年接触共事的感人情节，而且精炼地概括和介绍了钱学森关于创建知识密集型农业科学构想的导向作用和全局性的战略意义。

32.《智慧的钥匙——钱学森论系统科学》

钱学森的原著《智慧的钥匙——钱学森论系统科学》（上海交通大学编），2005 年 4 月由上海交通大学出版社出版，全书 47 万字。该书精选了钱学森自 1978 年以来所写的著作中关于系统科学的论述 27 篇，读者定位为大学师生和公务员们。编辑者将书名定为：《智慧的钥匙》，是认为系统科学的思想，现在已被证明是认识客观世界、改造客观世界的一把开启智慧的钥匙。一个人掌握系统科学思想的深度如何，实际上反映了从一个层面上认识客观世界的水平如何。该书的编排分为三个部分：

第一部分共 12 篇。第 1、第 2 篇是钱学森关于控制论方面的论述。属于系统科学大部门的技术科学层次的范畴。从中可以看到，钱学森涉及研究系统科学的时间，实际上已有 50 年了。第 3 篇至第 5 篇，是钱学森关于系统工程方面的论述，这是属于系统科学大部门工程技术层次的范畴。第 6 篇，是谈对系统学的认识，这是属于系统科学大部门的基础理论层次的范畴。第 7 篇至第 9 篇，研究的是系统科学大部门的体系结构，为第 10 篇至第 12 篇谈整个科学技术体系结构打基础。而科学技术体系结构则是属于社会科学大部门的技术科学层次的范畴了。

第二部分共 4 篇，从第 13 篇至第 16 篇，重点论述了"从定性到定量综合集成方法"以及它的实践形式"从定性到定量综合集成研讨厅体系"（简称：综合集成方法），它属于思维科学大部门技术科学层次的范畴。这是在系统科学和思维科学发展中的一个具有重大意义的学术成果，是钱学森对系统科学的发展以及整个科学技术发展作出的重大贡献。

第三部分共 11 篇，从第 17 篇至第 27 篇。第 17 篇至第 20 篇是谈社会系统工程的；第 21 篇讲总体设计部，涉及的是运用综合集成方法的组织形式；第 22 篇至第 24 篇分别论述国家现代化建设的物质文明、精神文明和政治文明建设；最后 3 篇是运用系统科学的理论分析国家的发展。附录还选用了两篇钱学森组织作者们共同讨论形成，并经钱学森审阅定稿文章，内容主要论述信息革命、网络建设以及第五次产业革命。

中国工程院院长徐匡迪院士特为本书作序。序中联系他在主持上海市政府工作时运用这一理论的实践说："对我来说真有醍醐灌顶、茅塞顿开之感。"他认为："阅读本书的人们，一定会为钱老科学思想之深邃、涉猎领域之广泛和马克思主义哲学造诣之高而惊诧不已！"他的评论是：钱学森"从一位卓越的工程科学家、国防科技领军人物，成为我国系统科学的开拓者和奠基人，成为哲学家和思想家"。

33.《现代科学技术新成就》

钱学森等数位著名科学家编著的《现代科学技术新成就》一书，是 1959 年 8 月由科学普及出版社出版的"自然科学基础丛书"的一种。全书 20 余万字。

该书分别介绍了生产过程自动化、星际航行、无线电电子学的应用和新的发展，电子

计算机、半导体、高分子化合物、放射性同位素、采矿和选矿技术、冶金工业技术新成就，我国机床工业的新发展，我国的高能加速器和原子能反应堆，以及热核能等方面的科学技术知识。《现代科学技术新成就》这本书不仅能够扩大我们的知识领域，也为我们描绘出我国部分尖端科学技术发展的美丽图景。

34.《经济理论与经济史论文集》

《经济理论与经济史论文集》是由钱学森、邓力群等为纪念北京大学经济系赵廼抟教授从事学术活动56周年，国内知名学者、教授，撰写的论述经济理论与经济史的学术论文集。赵廼抟教授是钱学森的老师和同乡。

这本学术论文集1982年由北京大学出版社出版，收入了钱学森撰写的长篇论文《国际经济研究与数学方法》。在本文集里有论述当时我国的经济理论和实际问题，比如有关我国的职工教育的问题；有论述经济史和经济思想史的若干问题；有中西方古代经济思想的比较研究；中国近代经济思想史中"向西方寻找真理"的传统等。这本论文集内容广泛而充实，论述清晰，资料性强，对于从事经济科学研究者和学习者很有参考价值。

35.《国防经济学论文集》

1985年1月，在北京召开了全国第一次大规模的国防经济学讨论会。中央军委副秘书长张爱萍、洪学智代表中央军委到会祝贺并发表讲话，军内外有关方面的100多位代表出席会议并交流了学术论文。钱学森在开幕式上作了题为《我国国防经济学所面临的任务》的长篇专题报告，他在报告中首先指出：国防经济学在我国是一门新兴的学科。它是研究国防与经济关系问题的理论体系，它的内容涉及军事科学、经济科学和自然科学的各个方面。它是一门实用性很强的科学，解决实际问题是它的出发点和归宿。所以，务实、创新又是研究这门科学的最重要的原则。钱学森的报告阐述了国防经济学在经济科学体系中的位置；分析国防经济学中错综复杂关系要用系统工程；我们国防经济学工作者思想要解放；国防经济相对于整个国民经济的相互关系；武器装备是不是商品的问题；执行开放政策，中华人民共和国是世界上的第一个国家，要面向全世界；科学技术人员怎么按劳分配；设备的更新改造问题；我们缺少研究国防经济学，搞国防经济，搞国防科技工业的管理人才等9个方面的问题。

1986年3月由解放军出版社选编出版了这次国防经济学讨论会论文集——《国防经济学论文集》，文集是从这次讨论会上交流的学术论文中选辑了35篇汇集而成，钱学森的专题报告以首篇入册。在这本文集的编辑过程中钱学森给予了热情指导。这本文集基本上反映了我国当时在国防经济学方面的研究成果。

36.《迎接新的技术革命》

1984年3月，中共中央和国家机关六个部门联合举办了"新技术革命知识讲座"，钱学森应邀出席了开学典礼，并以《关于新技术革命的若干基本认识问题》为题作了第一讲。党和国家、军队的领导人方毅、姚依林、秦基伟、郝建秀等出席了开学典礼，2 000多名中央和国家机关司局长以上干部参加了这次新技术知识讲座。讲座分20讲，由宋健、马洪等一批从事科学技术、经济理论工作的专家学者和有关方面的负责同志主讲。他们联系国际经济形式和我国的实际情况，从不同的角度阐述了世界新技术革命产生的背

景、特征、影响和发展趋势;介绍了当今世界若干新科学、新技术和新产业的发展概况和基本知识。有理论的论述,也有对策的研究;有问题的探讨,也有事例的引证。

钱学森在《关于新技术革命的若干基本认识问题》报告中首先就科学革命、技术革命、产业革命和社会革命等基本概念作了系统的阐述。他说,人类认识客观世界的飞跃叫科学革命;人类改造客观世界技术上的飞跃叫技术革命;产业革命是指生产体系的组织结构和经济结构的飞跃;社会革命就是社会制度的飞跃。在谈到四种革命的相互关系时,他认为,在很多方面我们还没有完成上一次,即19世纪末20世纪初的那一次的生产组织结构变化。所以,我们现在要考虑新的技术革新群,不能光考虑某个技术革命,而是要考虑这些技术革命对生产体系、组织结构、经济结构的影响,也就是体制将会有什么变化。这些对我们的经济、国防建设和社会主义发展都有密切的关系。新的科学革命,将会大大开阔我们的眼界,给我们新的力量。

钱学森在报告中指出了应对新技术革命应该研究的问题,以及大战略问题等,并提出了几点具体建议。

《迎接新的技术革命》这本书便是这次讲座全部讲稿的汇集,分上下两册于1984年9月由湖南科学技术出版社出版。该书出版后受到社会各界广泛好评,连续印刷几次,共发行142万套,成为1984年十大畅销书之一,并获得国家优秀图书奖。它及时满足了各级领导干部和知识界学习、了解新技术革命的需要。

37.《现代领导科学与艺术》

1985年8月由军事译文出版社出版的钱学森等著《现代领导科学与艺术》,全书29万字。它是在1985年中央军委总参谋部为总参领导和机关直属部队、军事院校、科研单位师以上领导干部举办的领导科学研究班担任主讲的13位知名专家学者的讲稿的基础上,整理编辑而成的。

钱学森应杨得志总参谋长的邀请,在这次领导科学研究班上以《关于现代领导科学与艺术的几个问题》作了第一讲。钱学森就领导科学的历史由来;现代领导工作体系和现代领导人才的培养等几个方面的问题作了系统详尽的阐述。钱学森的讲稿以首篇收入了这本《现代领导科学与艺术》文集。

《现代领导科学与艺术》出版后深受广大读者的欢迎,在不到两年的时间内便连续印刷了四次。

38.《文艺学、美学与现代科学》

钱学森、刘再复等著,《当代文艺思潮》杂志社编《文艺学、美学与现代科学》一书,是一本结集20世纪70年代末到80年代前期关于文学艺术与现代科学技术相互关系的论文集,1986年4月由中国社会科学出版社出版。

这本文集所收的论文,分别用系统论、信息论、控制论和模糊思维等现代科学技术的新知识和新方法,对有关文艺和美学问题进行了尝试性的研究。作者们及时汲取新的理论营养和积极推动文学艺术研究探索的新成果,反映了新技术革命浪潮中的我国文学艺术界和美学界的最新动向和切实信息。钱学森所著的《关于新技术革命的若干基本认识问题》一文首篇入册。

39.《论法治系统工程》

钱学森倡导的法治系统工程是研究构成法这一统一体的各系统之间的制约、协调关系，从中发现整体结构、功能的特性及其利弊优劣，寻找达到最佳目标的总体战略、最优设计及迫近最佳目标的有效方法。

钱学森等著《论法治系统工程》是一本论文集，1986 年 6 月由群众出版社出版。1985 年 4 月 26 日，钱学森应邀在全国首次法治系统科学讨论会开幕式上作了题为《现代科学技术与法学研究和法制建设》的专题报告，钱学森的这篇报告以首篇编入本文集。钱学森及本书的作者们力图把马克思主义哲学和现代系统科学的方法密切结合起来，研究现代生产的特点、科技革命的特点与法治系统的关系，提高法治系统效率与法治系统结构的关系，法制的制定与执行系统、监督系统、反馈系统的关系等等，提出把法律信息运用现代数学、电子计算机等科学技术处理，使其实现最优化功能，为我国的社会主义现代化建设服务。

40.《九十年代科技发展与中国现代化》

1991 年 11 月，中组部、中宣部、中国科协、中直机关工委和国家机关工委联合为中央机关司局级以上干部，举办了“九十年代科技发展与中国现代化”系列讲座。钱学森应邀以《我们要用现代科学技术建设有中国特色的社会主义》为题作了第一讲。对科学革命、技术革命与产业革命；社会形态与社会的飞跃；人对认识与改造客观世界的认识，即科学技术体系；用科学技术建设社会主义；科学技术产业和人才培养等问题作了深刻的阐述。

《九十年代科技发展与中国现代化》这本书就是这次讲座五位知名专家学者主讲的讲稿汇编。钱学森的《我们要用现代科学技术建设有中国特色的社会主义》演讲稿以首篇入册。全书 11.5 万字，1991 年 12 月由湖南科学技术出版社出版。

第五篇

与时俱进的钱学森思想

第七十六章至第七十七章

第七十六章

钱学森的成功之路

一个人的成就，是诸多因素铸成的。任何单一因素不足以造就一位伟大的科学家和思想家。在这里，本书作者试图从以下十个方面展示钱学森取得成功的主、客观因素。这也许是广大读者都想知道的问题，也是作者研究钱学森20年来理应给出的答案。

一、祥和的家庭，良好的教育环境

一个人在事业上的成功与否，与其心理素质、个性特点极大相关。在这方面，家庭对一个人从幼年的塑造至关重要，有着不可忽视的影响。

钱学森从小受到了良好的家庭教育。母亲章兰娟乃富贾闺秀，知书达理，温和博爱，宽以待人，想问题周到细致，深思熟虑，还有着超人的数学天赋。在钱学森牙牙学语时，母亲就教他背古诗词，从"春游芳草动"，直到唐诗宋词，而他则是一学就会。往往家里来了宾客，让他背诗词是常有的"节目"，而长得聪明可爱的小学森的"表演"往往总能让客人们惊叹不已，称赞小小年纪的钱学森"前途不可限量"。每当钱学森回忆起儿时那些令人难忘的往事时，总是激动地说："母亲的慈爱之心给了我深远的和连绵不断的影响。"

钱学森也多次向人们谈起："我的第一位老师是我的父亲。"钱学森的父亲钱均夫乃书香门第，谦恭自守，博学多才，为人正直，淡泊名利，孜孜不倦地辛勤于教育救国。钱学森兴趣广泛，知识渊博，也得益

于他父亲从小的启蒙培养。每逢寒暑假，钱均夫都要送儿子拜名师补习各种功课。比如补习过伦理学、矿物学、音乐和绘画等等。

钱学森从小就喜爱画画儿，于是钱均夫就送儿子去向美术老师高希舜学画国画。高希舜可不是一般的美术老师，他后来成为我国国画大师，还是毛主席的朋友。钱学森不仅学得认真，而且很有作画的天分，有几幅画作曾得到高老师的夸奖，他自己也很得意。钱均夫将儿子的画裱好，或赠亲朋好友，或挂在杭州老家的客厅里。可惜抗日战争期间，杭州沦陷，那几幅画也没了踪影。

钱学森不是画家，却绘得一手漂亮的丹青。他对自己青少年时代的“作品”被丢失也并不在意。但是，他的一位本族远亲钱学文老先生说，他曾在香港一位朋友家看到钱学森作的画，他想高价购买，但画主人认为那是无价之宝，拒绝出售。

正是这样全面开发，全面培养，全人格的发展，造就了钱学森不屈不挠、追求完美、关心社会、上进敬业的品质。1935 年，钱学森赴美留学，父母也只是希望他好好学习，努力上进，学成回国为社会作出贡献，成为顶天立地的人，没有传统的“反哺报恩”的期待。这样祥和的家庭使钱学森养成了谦虚、谨慎、平易近人、思想开放、坚强、执著、不妥协的个性特征。这对钱学森的科学技术生涯无疑产生了重要的影响。

科学家个人成年之后建立的家庭是从事学术创造的重要的小环境，对科学家的成就同样是十分重要的。钱学森家庭的祥和气氛从其先辈开始，一直延续到他今天的家庭。钱学森的岳父、现代军事理论家蒋百里，与钱均夫是同窗好友，契约兄弟，蒋钱两家是世交。他的夫人蒋英教授，近 60 年来一直是钱学森辉煌事业的另一半。

人们常说：“每个成功男人的背后，都有一个伟大的女人。”钱学森在授予他“国家杰出贡献科学家”仪式上深情地讲道：“下面我还要利用这个机会表示对我的爱人蒋英同志的感激。我们结婚已经 44 年了，这 44 年我们的家庭生活是很幸福的。但在 1950 年到 1955 年美国政府对我进行迫害的这 5 年间她管家，蒋英同志是做出了巨大牺牲的，这一点，我绝不能忘。”那几年，钱学森一家一日三惊，为了摆脱警察骚扰他们经常搬家。在那凄风苦雨的艰难岁月，蒋英作为忠实伴侣，与他相濡以沫，为他分忧解难，给了他无比的勇气和力量，终于苦熬到了归国的这一天。蒋英回忆说：“我们总是在身边放好三只轻便的箱子，天天准备随时获准搭机回国。可以讲，他最后是作为‘犯人’被驱逐出境的，而只是在外交努力下‘奉送’回国的。”如果没有蒋英的鼎力支持，钱学森能否集中全部精力从事科学技术的研究探索，那是难以想象的。

钱学森晚年多次对人们讲过：“我从 1923 年到 1929 年在北京师范大学附属中学念书。那个时代，在北京办学是非常困难的，但是，当时的校长林砺儒先生能把北京师范大学附属中学办成质量上乘的第一流学校，实在难能可贵。他实施了一套以提高学生智力为目标的教学方法，启发学生学习的兴趣和自觉性。当时我们临考都不开夜车，不死读书，能考 80 多分就是好成绩，只求真正掌握和理解所学的知识。国文老师董鲁安（即于力）、化学老师王鹤清、数学老师傅仲孙、生物老师俞谟（即俞君适）、美术老师高希舜等讲课都很有特色，给我中学时代的数、理、文等课程打下了良好的基础。实际上，高中毕业时我们已经达到相当于现在大学一二年级的水平。”所以，进入上海交通大学后，钱学森

感到学习很轻松。

20世纪30年代是老上海交通大学史上的黄金时代，建国后入选两院院士的交大校友许多毕业于这一时期，如钱学森、张光斗、张煦、张钟俊、王之卓等等。当时担任校长的黎照寰先生，要求学生在校"注重知识的获得，身体的锻炼，道德的修养，充分准备一切，务使成为一个完全的人。"并正式提出了"智德体"三育并重的方针。

对于交大的教学质量钱学森曾说过这样一段话："到了美国后我才发现，当时的上海交通大学完全是按照麻省理工学院的模式办的，连实验课程的设置都完全一样。有了交通大学的基础，我在麻省的学习一点都不费力气，一年后获航空工程硕士学位。"

二、广泛的兴趣、过人的天赋和正确的抉择

钱学森在文学艺术方面的第一个启蒙老师是他的父亲。钱均夫老先生曾东渡日本学习教育、历史、地理，他文笔超凡逸俗，尤喜古典文学、诗书绘画，因而钱学森自幼在家里耳濡目染，陶冶出广泛而高雅的艺术情操。直到钱老先生晚年，仍以抗日战争时代残存的历代名人字画，作为最珍贵的礼物赠予久别归国的儿子。

上个世纪90年代初，钱学森回忆起70多年前自己学习书法时的情景说："记得我在师大附小读书时，级主任于士俭老师教我们书法课，小学生可以按照自己的爱好，选择颜真卿、柳公权、欧阳修、赵孟頫等人的字帖临写，老师如果看学生写得不太好，就坐下来，照着字帖临写一个字，一笔一画地教，他写什么体的字，就极像什么体的字，书法非常好，使你不得不喜爱书法艺术。"他回忆说："后来上了师大附中，我们的美术老师高希舜，暑假里开办暑期绘画训练班，教画西洋画，父亲很支持我去，我买不起油彩就用水彩学画，也学画中国画，后来我画得还不错。国文老师是董鲁安，他思想进步，常在课堂上议论时弊，厌恶北洋军阀，欢迎国民革命军北伐，教我们读鲁迅的著作和中国古典文学作品，到了高中三年级时，我对用文言写文章、小品特别感兴趣。我们的音乐老师也非常好，上课时，他用一部手摇的机械唱机（当时没有电唱机）放些唱片，教我们学唱中外名曲，欣赏各种乐曲，如贝多芬的第九交响曲等，后来，贝多芬憧憬世界大同的声响，一直在我心中激荡。"

在西安交通大学"钱学森业绩展览馆"里至今珍藏着上世纪20年代末30年代初，钱学森在交通大学读书时，参加口琴队、管乐队、雅歌会等文艺团体的记录，说明钱学森从学生时期就是一个兴趣广泛、注重全面发展的有抱负的青年。钱学森之所以能够成为一代大师，和他注重全面发展是分不开的。

从科学史上看，凡是在一个时代，在某一个科技领域处于前沿的科学大师，他们的知识构成都不是畸形发展的，他们不是只懂自然科学知识而无人文修养的。在受初等教育阶段是一个人步入人生的开始，良好的开始是成功的一半。打下较好的人文科学基础，不仅增长知识，更重要的是可以塑造比较完善的精神品格，可以使一个人在更广阔的范围里了解社会、了解世界，形成独立的见解，形成良好的道德观念，形成正确的人生观、价值观、是非观，对一个人涉足社会以后会减少大的心理落差，更好地适应人生。钱学森认为：广泛的兴趣奠定了自己日后丰富的思想生活，他的中学时代，比目前国内一般的中学

生有思想、有学问。有志于献身自然科学的年轻人,在其发展成长的过程中,人文科学的修养,不是可有可无的,而是具有特别重要的战略意义。它关系到一个人能否攀登科学高峰的问题。人文科学的修养不能靠速成,而是靠日积月累,人的青少年时代是关键时期。

要说钱学森天赋高,他是从不承认的,但他做出的超人的事确实是不胜枚举。在美国时,一次,有位教授出了一道很复杂的动力学题,大家都做不出来。一位中国留学生叶玄去请教钱学森,他作了一个巧妙的转换,将这一复杂运算变成了一个简单的代数问题,此题便迎刃而解了。叶玄后来留在美国做科研工作。1989年叶玄先生回国,再次见到钱学森时,问他当时怎么想得那么巧:"这么复杂的运算,到您手里就变得那么简单了?"钱学森淡然一笑说:"那算不得什么,小技巧而已。"另一次,有位教授出了一份很难的考卷,全班大部分人不及格。这在学生中引起了很大的不满,大家认为这样的考试对他们是不公平的,这位教授在有意使他们难堪。经过讨论和酝酿,一部分学生决定去找教授说理。当学生们来到教授办公室门口时,却发现钱学森的试卷贴在门上,卷面用钢笔书写得工整清洁,每道题都完成了,而且没有任何错误,没有任何圈改和涂抹的痕迹!前来评理的学生一下子泄了气,不敢再去找教授了。冯·卡门经常自豪地对人们说:"钱的这种天资是我不常遇到的。"又说:"世界上最聪明的民族有两个:一个是匈牙利,另一个就是中国。"这后一断语显然是冯·卡门结识钱学森后作出的。

根据麻省理工学院的办学宗旨,各专业学科的学生都要在学期内到对口的工厂或科研部门实习。钱学森应该去飞机制造厂实习。可是,他没有想到,美国的飞机制造厂只允许美国学生去实习,不接纳外国学生。这种民族歧视是钱学森在美国遭受的又一次沉重打击。挫折和困难并没有动摇他为祖国强盛而发愤学习的决心。他决定改学航空理论,并大胆地毛遂自荐,投奔在加州理工学院任教的世界航空理论权威冯·卡门教授门下。1936年金秋10月,钱学森从美国东部的波士顿麻省理工学院,千里寻师,来到美国西海岸加利福尼亚的加州理工学院。钱学森很幸运,冯·卡门这位以学风严谨著称的"超音速飞行之父"竟破天荒地接受了他。

在这里,钱学森的人生旅程发生了根本性的转折。在名师的悉心指点下,钱学森在空气动力学研究和航空技术方面取得了不少成就。获得博士学位后,导师把他留在身边工作。很快,钱学森便在数学和力学两个领域崭露头角。钱学森与冯·卡门共同建立了举世瞩目的"卡门-钱学森公式"。冯·卡门率先提出了高超声速流的概念,又由钱学森证明了这个概念。它的提出和证明,为飞机早期克服"热障"、"声障"提供了理论根据,为现代空气动力学的发展奠定了基础。从此,钱学森的名字传遍了世界。

三、爱国精神和民族自尊心造就了一位伟大的科学家

钱学森的青少年时代,中国的社会文化正处在一个新老交替的大变革时期,在"五四"新文化运动和共产主义理想社会理论的冲击下,一方面,到处是新观念、新学说、新知识,社会环境富有生机,甚至连空气都是格外的新鲜;另一方面,祖国的贫穷落后,以及"东亚病夫"的形象,深深地刺激着他的民族自尊心、自信心,为他的思想早熟埋下了种

子。通过广泛地吸取先进文化的养料，他萌发了改革社会，拯救民族的理想，他增强了民族自尊心、自信心，并逐渐形成了自己的信念：人当勤奋努力，才能改善国家的现状，每一个人都有责任为使国家强盛而努力。

蒋英教授对她的丈夫有过这样的评价："他是一位把祖国、民族利益和荣誉看得高于一切的人，说得上是一位精忠报国、富有民族气节的中国人。""在美国的日子里，他学习起来游刃有余，但生活上他却有些不习惯，特别是某些美国人瞧不起中国人的傲慢态度令他生气。"钱学森刚到美国麻省理工学院的时候，一个美国学生当着钱学森的面耻笑中国人抽鸦片、裹脚，不讲卫生、愚昧无知，钱学森当即向他挑战：我们中国作为一个国家，是比你们美国落后；但作为个人，你们谁敢和我比，到期末看谁的成绩好。美国学生听了都伸舌头。钱学森怀着这样一颗强烈的民族自尊心，到学期末的成绩不仅超过了全班的美国同学，也超过了其他国家的留学生，而且仅用一年就拿下了硕士学位。从此，同学们谁也不敢小看钱学森这个中国人了。

钱学森从未准备在美国长期生活，他清楚地知道，这里只是他人生的一个驿站，遥远的祖国才是他永远的家园。在美国的 20 年里，钱学森没有买一美元的保险；他将风洞原理应用于风车发电的实例计算中，选取的高度是从海平面起到海拔 8 公里以上，这正是他的祖国——中国的自然条件。1949 年中秋月圆，归心似箭的钱学森心底盘算着回归刚刚解放的祖国。他万万没有想到，为回到祖国竟历尽千难万险，经历了长达 5 年多的折磨。钱学森对他夫人说："我是中国人，我的事业在中国，我的归宿在中国，我根本没有打算在美国生活一辈子。"在这 5 年里，钱学森受到了拘捕、特务的监视等种种迫害。然而，无论是金钱、地位、荣誉和舒适的生活，还是威胁、恫吓、歧视和折磨，都没有改变钱学森回归祖国的坚定决心和意志。

1955 年 9 月 17 日，万劫不泯的钱学森一家终于登上克里兰夫总统号轮船踏上归途，他在码头上回答记者的提问时说："我很高兴能回到自己国家，我不打算再回美国，我已经被美国政府刻意地延误了我回祖国的时间，个中原因，建议你们去问美国当局。今后我将竭尽努力，和中国人民一道建设自己的国家，使我的同胞能过上有尊严的幸福生活。"在场的人们注意到，钱学森在这里特别加重了"尊严"(dignity)一词，这其中蕴含了多少内心的痛苦和磨难！

在周恩来总理的直接关怀下，他以坚强的意志，战胜了种种困难和阻力，最终回到了新中国。钱学森回国后不久，便一头扎在了大西北，冒着狂暴的黄沙，顶着火辣辣的烈日，在人迹罕至的大沙漠中与科技人员一起风餐露宿，夜以继日地研究解决许多重大的国际科技难题，一干就是几个月不回家。几十年来他一次又一次地给祖国和人民带来了惊喜。他热爱社会主义祖国，热爱人民。无论是在国家发展顺利时期，还是遇到困难的时候，他都以满腔热爱祖国的深情、坚定的社会主义信念，为党、国家和人民辛勤工作，无私奉献。

钱学森在回顾他在美国的经历时说："我在美国的 20 多年中，前三四年是学习，后十几年是工作，所有这一切都是在做准备，为的是日后回到祖国能为人民做点事。"这种报效祖国的伟大精神力量，驱使他更加勤奋学习和工作，以致在祖国的科学事业中做出了

杰出的贡献。

1989年8月7日下午，江泽民总书记、李鹏总理在中南海紫光阁会见钱学森，祝贺他荣获“小罗克韦尔奖章”和“世界级科技与工程名人”、“国际理工研究所名誉成员”等称号时，江泽民总书记对钱学森的爱国主义精神给予了高度评价：“当年钱老冲破重重困难，远涉重洋回归祖国，充分体现了高度的爱国主义精神。现在有些人总觉得外国什么都比中国好，这是妄自菲薄。我们学习钱学森同志，不光要在学术方面，更重要的是在政治品质方面。要学习老一辈科学家那种高尚的民族自尊心、民族自信心和民族气节。”

钱学森说过，他这一辈子有过三次非常激动的时刻，其中，第一次激动是1955年夏天美国政府同意他回国的时候。钱学森在受奖仪式上回忆说：“我被允许可以回国了。当我和蒋英带着幼儿园年纪的儿子、女儿去向我的老师告别时，手里拿着一本在美国刚出版的我写的《工程控制论》，还有一大本我讲物理力学的讲义。我把这两本东西送到冯·卡门老师的手里，他翻了翻很有感慨地跟我说：‘你现在在学术上已经超过了我。’这个时候他已74岁了。我一听他这句话，激动极了，心想，我20年奋斗的目标，现在终于实现了，我钱学森在学术上超过了这么一位世界闻名的大权威，为中国人争了气，我激动极了，这是我有生以来第一次这么激动。”

四、成功地运用数学

钱学森对数学和计算机的重视由来已久，他认为：“研究技术科学就离不了作为人们理论工具的数学。”空气动力学是一门新型的边缘学科，是数学、动力学、流体力学相互渗透、交织发展形成的。为了打好基础，根据冯·卡门的提示，钱学森在加州理工学院补上偏微分方程、积分方程、复变函数、量子力学等现代科学基础理论课程。同时，遍读世界各国有关空气动力学的最新文献。这样，钱学森每天学习和工作达十几个小时。经过三年的努力，1936年，钱学森转学来到加州理工学院。这所学校强调理工结合，培养的学生既是科学家，又是工程师，钱学森就是在这种环境下成长的。他是航空系的研究生，但数学系的课他也去听。当时数学的前沿，如复变函数等他都进修了。1939年钱学森取得了航空、数学双博士学位。钱老曾说，他在加州理工学院打下了数学基础，以后数学的进展他都能跟上。

冯·卡门高兴地看到，经过三年的刻苦钻研，钱学森已是具有非凡的想象力、极好的数学天赋、能够准确地洞察自然现象中的物理本质，并用数学方法加以提炼，使一些很艰深的命题变得豁然开朗。事实上，钱学森已成为冯·卡门最宠爱的学生和助手。1939年，钱学森运用精深的现代数学理论，在研究高亚音速流动时，考虑空气压缩性影响，在流速、压强、密度三者的关系中，大胆引用了一个假设，克服解偏微分方程遇到边界条件上的困难，得出了重要结果，并为实验所证实，被列为空气动力学领域的一项重大成就而命名为“卡门－钱学森公式”。20世纪50年代初已将这一成果编入各国空气动力学教科书。此时的钱学森，已经驰骋在科学事业的巅峰之上。

钱学森对数学的成功运用，凡是看见过上世纪90年代从美国返送回来的15 000多页钱学森的手稿，或者看见过后来出版的《钱学森手稿》一书的人无不为之震撼。中国科

学院力学研究所吴应湘研究员看过钱学森这批手稿后动情地说，是的，人们很难将这些工整的书写、严谨的推理、细心的演算与“手稿”联系起来，尤其是这样的特征不是只体现在一页两页而是贯穿全部手稿。面对它们，我们无法抑制发自内心深处的敬意。钱学森手稿有一个突出的特点，那就是，在数学公式推导之后，必然有数字演算，以表明理论结果不仅逻辑上站得住，而且数值上也与实验结果或实际经验相符。手稿上清秀工整的字体、按照标准严格书写的运算公式和计算公式及规范化的列图制表等特征，人们似乎找到了他的成功的奥妙。

《钱学森手稿》一书的责任编辑金山同志这样说：“当我一页页地翻阅钱老的手稿时，我被深深地震撼了，那一页页手稿，不再是一页页简单的公式运算和数字符号，那分明就是艺术家手下的一件件艺术品。”

所谓成功地运用，就是指能够驾驭数学，使数学成为一个得心应手的有力工具，而不要成为数学的奴隶。钱学森在1957年发表的《论技术科学》一文中指出，作为一个技术工作者，除了掌握现有的数学方法以外，还必须经常注意数学和计算方面的发展，要能灵敏地认出对技术科学有用的新数学和新算法，快速地加以利用。他还指出，实际上技术科学中的数学演算一般要比自然科学多，有时多得成了工作量的主要部分。一项好的技术科学的理论研究，它所用的数学和计算方法必定是最有效的。但同时他又告诫说，不能误认为数学是技术科学研究的关键。关键是什么呢？他说技术科学工作中最主要的一点是对所研究问题的认识。认识包括确定问题的要点在哪里，问题中那些是主要因素和次要因素，要运用自然科学的理论来了解其机理。在把问题认识清楚以后，下一步就是建立数学模型。模型是根据认识简化问题本质的表达。再下一步就是数学分析和计算了，这一步工作出现在科学报告中的主要部分，但不是技术科学工作中的主要创造部分。它的功用在于通过它才能使我们的理论和事实相比较，考验我们的理论。钱学森的这些思想，对于科学技术工作者来说有着极其重要的指导意义。

五、科学与艺术相辅又相成

钱学森不仅拥有一个广阔无垠的科学世界，而且拥有一个绚丽多彩的艺术世界。他对文学艺术有着浓厚的兴趣，他的艺术修养很深。他对文艺理论、音乐、诗歌、戏剧、电影、电视、绘画、雕刻、书法，以及建筑、园林、工艺美术等等都用心地体会过，并且十分热爱，常有独具特色的见解。70多年来，在他攀登过的崎岖的学术山路上，不仅留下了他探寻科学技术高峰艰苦跋涉的足迹，也留下了他富于想象、灵活创新的艺术情趣。

在上海交通大学读书期间，钱学森的课余时间除了参加学校乐队活动演奏圆号以外，还经常去听上海工部局（英租界政府）乐队演奏的音乐会。后来，钱学森在美国加州理工学院学习和工作的前期，他的研究与生活，同样充满了朝气和艺术情趣。是音乐把他与马利纳等几个年轻的“火箭迷”结合在一起，成为知己的。假日里，他们常常一起到洛杉矶音乐厅去听洛杉矶交响乐团的演奏，让思绪随着美妙的乐曲任意飞扬。有时大家坐上马利纳的破旧老爷车到海滨去玩，欣赏那辽阔的海天，追逐那汹涌澎湃的波涛，拥抱大自然。这些对他个性的发展，思维的成熟及后来的学术研究工作都大有裨益。

现代的研究表明：艺术与科学在深层上是相通的。艺术，尤其是其中的严肃音乐与科学创造关系十分密切。鉴于钱学森在这一方面是个极为典型的范例，下面特意谈及一点严肃音乐与科学研究渊源。

从20世纪50—70年代，美国、苏联和日本三国互相追赶，竞争的焦点是教育的改革。当时的苏联很注意美育，认为美育能激发人的幻想，开拓思路，全面发展人的心理和个性。美国发现了它的音乐教育太陈旧，对其作了调整和改革。英、德、澳、日、瑞士等国都很注意发展音乐教育。从国内外的一些实验考察看，音乐确实能促进人的智力发展，明显地提高学习效率。音乐能培养人的形象思维、直觉、灵感等，这恰好是科学创造中的重要因素。音乐能培养人的审美感，而对美的追求是科学探索的重要心理因素。音乐能培养人的创造激情，能促使科技人员进行科学和技术上的创新。音乐能陶冶情操，培养人的集体协作精神。爱因斯坦早就论及过艺术——特别是其中的音乐——与科学工作的内在联系。他说："有一点我确信不疑：真正的艺术应该产生于创造力丰富的艺术家心中的一股不可遏制的激情。在恩斯特·布洛克的音乐中我能感受到这种激情。""音乐并不影响研究工作，它们两者都从同一个渴望之泉摄取营养，而它们给人们带来的慰藉也是互为补充的。"

20世纪60年代，脑科学发现，引起情绪和记忆的关键动力是一种称为脑肽的物质。目前人们认为脑肽可能是通过对情绪的调节而起作用的。这种调节是改善记忆力、注意力和智力活动的关键。有些音乐可能诱发出良好的情绪，以激发大量脑肽物质的释放。所以，音乐可以滋润和启发右脑用过去的经验和知识促进左脑的逻辑思维，给左脑以逻辑思维的物质调剂。这就是目前人们认为音乐促进科学创造的脑生理机制。

钱学森在授予他"国家杰出贡献科学家"仪式上郑重地讲道："我干什么的大家知道了。蒋英是干什么的？她是女高音歌唱家，而且是专门唱最深沉的德国古典艺术歌曲的。正是她给我介绍了这些音乐艺术，这些艺术里所包含的诗情画意和对于人生的深刻理解，使得我丰富了对世界的认识，学会了艺术的广阔思维方法。或者说，正因为我受到这些艺术方面的熏陶，所以我才能够避免死心眼，避免机械唯物论，想问题能够更宽一点、活一点，所以在这一点上我也要感谢我的爱人蒋英同志。"

钱学森有一段精辟的论述，他说："从思维科学的角度看，科学工作总是从一个猜想开始的，然后才是科学论证。换言之，科学工作是源于形象思维，终于逻辑思维。形象思维是源于艺术，所以科学工作是先艺术，后才是科学。相反，艺术工作必须对事物有个科学的认识，然后才是艺术创作。在过去，人们总是只看到后一半，所以把科学与艺术分了家，而其实是分不了家的。科学需要艺术，艺术也需要科学。"科学与艺术，"冷"与"热"的结合，这或许就是大科学家、大思想家、大艺术家的智慧之源、创新之源、成功之路。

这样，我们就不难理解，为什么古今中外的一些著名学者中，有的自己爱好音乐；有的主要亲属中有爱好音乐或精通音乐的。如伽利略、笛卡儿、达尔文、奥斯特、麦克斯韦、托马斯·杨、拉格朗日、赫尔姆霍兹、阿兰·孔耐、爱因斯坦……我国古代的沈括、现代的李四光，以及诺贝尔化学奖获得者李远哲等等。

六、在吸收最新科学成就的同时，注意不被淹没在文献的海洋里

钱学森在美国学习和从事教学科研工作20年，时刻把握着有关学科脉搏的跳动，掌握着本学科领域最前沿的动向。而在加州理工学院的岁月，是钱学森创造力和灵感迸发的黄金时代，他在短短几年时间，就发表了许许多多的不朽之作。从这里，我们便不难想到最新科学成就对钱学森所起的激励与推动作用。

1985年1月28日，钱学森在一次报告中说："我认为信息情报是非常重要的，对此我有切身体会。可是，在我国科技信息是很不灵的。我在国外呆了很长时间，从事研究工作，我当时就有这么一种想法，如果在我这个行业有了一项科研成果，并且发表了，而我在一个星期内还不知道的话，那么我就是失职了。""信息情报工作做不好，即便科学研究工作的效率很高，也会由于信息不灵，得不到好的社会效果。"

钱学森在重视最新科学技术成就、浏览空气动力学和世界航空理论核心期刊，研读与研究课题有关的各国文献的同时，却又十分清醒地意识到自己不应被淹没在文献的海洋里。

钱学森主张，在研究课题确定之后，第一件事是掌握所有有关这个课题的资料和现况，把它作为研究工作的起点。因为，基础知识也好，资料和情况也好，仅仅是工作的准备阶段，还不等于研究工作本身。他说："把这些资料印入脑中，记住它，为做下一阶段工作的准备，下一阶段就是真正创造的工作了。创造的过程是：运用自然科学的规律为摸索道路的指南针，在资料的森林里，找出一条道路来。这条道路代表了我们对所研究问题的认识，对现象机理的了解。也正如在密林中找道路一样，道路绝难顺利地一找就找到，中间很可能要被不对头的踪迹所误，引入迷途，常常要走回头路。因为这个工作是最紧张的，需要集中全部思考力，所以最好不要为了查资料而打断了思考过程。最好能把全部有关资料记在脑中。当然，也可能在艰苦的工作后，发现资料不够完全，缺少某一方面的数据。那么为了解决问题，我们就得暂时把理论工作停下来，把力量转移到实验工作上去，或现场观察上去，收集必要的数据资料。所以一个困难的研究课题，往往要理论和实验交错进行好几次，才能找出解决的途径。"

七、不迷信权威，敢于创新

钱学森是一位逻辑严谨、学术思想活跃、富有科学预见性和敏锐洞察力的科学家。他始终站在科学技术的前沿，以严谨的科学态度与科技工作者们一起研究、探索，不断提出新问题，解决新问题。

冯·卡门原在德国哥廷根（Gttingen）大学执教，他来美国，把德国哥廷根学派的良好学风带到了美国。他每周主持召开一次研究讨论会（research conference）和一次学术研讨会（seminar）。这些活动强调学术民主，不论是专家权威，还是普通研究生，大家一律平等，都能畅所欲言，发表自己的学术见解和观点。这给年轻的钱学森提供了锻炼创造性思维的良好机会。在美国航空学会年会上，钱学森刚刚念完自己的论文，就有一位长者站起来提出不同意见。钱学森不同意他的观点，两人一时争论起来，面红耳赤。事后，

冯·卡门问钱学森:“你知道你是和谁争论吗?那是大权威冯·米塞斯(von Mises)。但是,你的意见是对的,我支持你。”在另一次学术讨论中,钱学森却和他的老师冯·卡门发生了争论。他坚持自己的观点,毫不退让。冯·卡门十分生气,便把钱学森拿给他的论文稿往地上一丢,拂袖而去。老师走后,钱学森默默拾起稿纸,内心并不屈服。在科学问题上,钱学森决不会轻易放弃自己的观点。然而,事后这位世界大权威经过思考,认识到在那个问题上,他的学生是对的。于是第二天一上班,他便亲自爬了三层楼梯,来到位于三楼一个角落的钱学森小小的办公室,敲开门,恭恭敬敬给钱学森行个礼,然后说,“钱,昨天的争论你是对的,我错了。”冯·卡门的博大胸怀令钱学森十分感动,并终生难忘。钱学森回国后,一直大力倡导在学术上要发扬民主,并身体力行。

“文革”前毕业的中国科学技术大学近代力学系的前三届学生都记得,钱学森非常重视对学生创新精神和创造能力的培养,他曾经指出:“一个技术科学工作者的知识面必然是很广阔的,不仅知识广,而且他还必须要能够灵活地把理论和实际结合起来,创造出有科学根据的工程理论。”“要把自然科学的理论应用到工程技术上去,是一个非常困难、需要有高度创造性的工作。”因此,他满腔热情地支持学生的课余科研活动,如58级的人工降雨火箭研制,59级的冲压式发动机的研制等,都是当年钱学森提出的题目。这些活动有效地培养了学生敢于创新的精神,锻炼了学生的动手能力。令钱学森高兴的是,到2000年,他亲手培养的近代力学系的前三届学生中,已有5位杰出者脱颖而出,当选为中国科学院院士或中国工程院院士。

八、学风民主,善于合作交流

科学家不仅要个人自由思考,独立钻研,也需要组织起来共同活动,互相保持密切的学术思想的交流或科学研究的合作。这种交流与合作使科学家们的灵感得到充分的激发,使他们各自的特长得到充分的发挥。钱学森的切身体会是,在科学研究中,如果没有与别人的合作与交流,只是自己埋头苦干,视野就不会开阔,就难免有局限性,就会走弯路,出偏差。

钱学森经常和周围的同志讲:“我特别欣赏冯·卡门亲自主持的每周一次的学术研讨会(seminar):每次先由一位作40分钟主题发言,然后开展一个多小时的学术讨论,最后由冯·卡门用15分钟作小结。发言者大都观点明确,思维敏捷,语言精练;不管是权威、教授或研究生,在研讨会上一律平等,做到学术民主。这些学术活动教我怎么探索未知,也给我提供了锻炼创造性思维的良好机会。”钱学森认为,这种多学科的讨论会,它可以让不同学科的科学家知道其他学科的发展方向,彼此受到启发,保持广泛的兴趣,对于沟通各门学科,促进科学的发展大有益处。

我国载人航天工程总设计师王永志常常和人们讲起:“1964年,改进设计的中近程导弹运抵基地,准备进行全程飞行试验。由于当时的气温过高,发现试验可能达不到预定的射程。经过对液氧温度的重新认识,改变推进剂混合比计算方法后,我向有关领导指出:泄出600 kg酒精,减轻导弹的熄火点重量。可以使导弹达到预定射程。这与一般想要增加推进剂的思路正好相反,所以大家开始都不同意。可钱老听完我的汇报后,立

即决定采纳我的意见。结果这次试验获得了成功，此后的几次试验按照改进的混合比均获得成功。”

在回顾领导航天事业技术决策的具体办法时，钱学森明确指出：“我的办法就是依靠集体。记得那时，每个星期天下午，我就把任新民、屠守锷、黄伟禄、梁守槃、庄逢甘等几位总工，还有林爽同志，请到我家去议事。有什么问题，大家提出来，共同研究解决。不同意见，尽量发表。但是，议定的事都要执行。执行中发现有什么差错，要尽快改正。我们中国的导弹就是这么干出来的。”可见，钱学森深刻地认识到：专家集体是正确决策的智慧源泉。

在总结我国航天科技开创与发展时期的经验教训时，钱学森语重心长地指出：“当时在党中央、毛主席的领导下，由周总理和聂帅具体组织实施，他们采取什么办法组织实施这项巨大的系统工程呢？就是民主集中制的办法。一是真正发扬民主……二是高度集中……我在周总理和聂老总领导下做技术工作，做技术决策，也按周总理和聂老总的办法，实行民主集中制……由于我们既讲民主，又讲集中，而且是真正的民主，高度的集中，所以把方方面面的积极性都调动起来了……”在钱学森离开航天科研第一线领导岗位后，他仍然不断提醒新一代领导人要注意“发扬技术民主，实行民主集中制”。1996 年 7 月 16 日，钱老给航天集团总公司刘纪原总经理的信中写到：“您信中说今年 10 月将是我国航天事业创建 40 周年，并嘱咐我写几句话。我对航天事业已经发表过许多文字，现在回想起来，最重要的实在只有一句话：我们航天事业的科技人员在周恩来总理和聂荣臻元帅领导下，贯彻了民主集中制，我们今后仍必须坚持民主集中制。”他殷切地希望把“民主集中制”作为航天事业的宝贵财富发扬光大。这是钱学森发自内心的“尊重知识，尊重人才”美德的表现，也是钱学森深刻认识到民主集中制是实施正确决策的制度保障。

九、正确的世界观和人生观

一个人的成就，离不开与周围环境和社会的和谐一致；一个在科学上有巨大成就的人固然必定有鲜明的个性特征。个性与创造性是等价的。个性特点可以使人能够洞察周围事物的不完美，对完美的追求才导致创造；凡是创造也必定体现出鲜明的个性特点。没有个性特点的所谓“创造性”成果，是不成为创造的，但是，个性特点与适应环境、适应社会不是对立的。当然，适应也不是随波逐流，而是以自己的正义感、正确的人生价值观和是非观、正确的思维方法去认识、改造社会环境。几十年来，钱学森一直强调科学家要掌握科学的哲学，1956 年他就对《中国新闻》记者洛翼讲过：“一个科学家，他首先必须有一个科学的人生观、宇宙观，必须掌握一个研究科学的科学方法！这样，他才能在任何时候都不致迷失道路；这样，他在科学研究上的一切辛勤劳动，才不会白费，才能真正对人类、对自己的祖国作出有益的贡献。”

钱学森认为，他的人生观、世界观的形成，是得益于社会生活实际，得益于广泛博览。社会的变迁促进了他思想的成熟。

钱学森不仅以其卓越的科学技术成就得到世界的公认，同时也伴随着许多独特丰富的哲学思想。他同许多科学大师一样，对自然的和谐、完善有一种强烈的审美追求。他

认为：人类的知识应当是完美的与和谐的。这种和谐，完美源于自然界的固有特性。正是由于这种信念，使他能够在科学技术领域执著的追求，致力于对这种美与和谐的探索，终于取得为世人称道的成就。

人生观的形成对一个人的发展至关重要。人生观是世界观的一部分，人生观确立的正确与否将决定一个人一生事业上的成败。钱学森认为：对一个科学家来说，世界观、人生观往往会影响他从事科学工作的结果和成绩。世界观、人生观会自觉不自觉地影响科学家在科学活动中的态度和观念。钱学森在思想上是一个早熟者，他从青少年时代就确立了"要认真地生活，自己把握自己的命运，为科学献身"的信念。1980 年，钱学森在《郭永怀文集》的后记中写道："一方面是精深的理论，一方面是火样的斗争，是冷与热的结合，是理论与实践的结合。这里没有胆小鬼的藏身处，也没有私心重的活动地；这里需要的是真才实学和献身精神。"这段话也正是钱学森自己的生动写照。

1940 年，钱学森进一步将能量跃变原则推广应用到更为广泛的柱壳的情况。他为了求取圆柱壳屈曲的临界载荷，寻找壳体可能达到的位形，进行了大量推导和演算，手稿长达 800 多页，然而正式发表的论文却只有 10 页。在完成这项研究工作时，钱学森在存放手稿的信袋上用红笔写下了"Final"，即"最后的定稿"。作为一名严肃的科学家，他意识到理论仍有不足之处，科学探索永无止境，没有什么认识是最后的，因此他又立即写下了"Nothing is Final"这几个醒目的字，其中含有深刻的哲理，充分体现了钱学森的世界观和科学观。

钱学森在许多场合强调："人民给了我们科学知识，作为一个科学家，有责任再把科学知识还给人民，这是我们义不容辞的社会义务。"事实上，也只有生活中不妥协的人，在科学研究中才有坚持不懈的精神。人们常常问："是什么力量或个人的特质使你努力不懈地坚持科学研究的？"他回答："我作为一名中国的科技工作者，活着的目的就是为人民服务。如果人民最后对我的一生所做的各种努力表示满意的话，那才是最高的奖赏。"他这段简短的人生座右铭，是他一生以科学的态度追求真理，鞠躬尽瘁为人民服务的真实写照，也是最好的回答。

钱学森的世界观、人生观确实都贯穿在他的科学技术工作实践中。他特别注重实践，比如，他在 1954 年出版的《工程控制论》中总结概括的理论与技术方法，比世界各国同时期或稍后出版的同类著作更接近实际，不仅有力地支持和推动了现代控制理论的蓬勃发展，并在 1968 年美国阿波罗成功登月中起到了很好作用。钱学森认为，解决实际问题要考虑更多的约束因素，这比理论更复杂。但同时也由于问题的特殊性而使人得到启发，找出解决的办法。只有通过结合实际的研究，才能不断地有所发现，有所创造，有所前进。这也是钱学森经常对年轻人的谆谆教导。

十、锲而不舍，毕生追求

钱学森虽然并不是抓每一项具体的技术工作，但在每项技术工程里都凝结着他的心血与智慧。今天，由于身体的缘由，他不可能坚守岗位，但他一直心系中国的火箭、导弹和航天事业，科技工作者也处处可以感知他的存在。几十年来，他亲自指导和帮助过的

中青年科技人员遍布全国各地，已成为中国航天事业现代化建设的栋梁之材。钱学森是一位不服老的老人，也是一位闲不住的老人，他以90多岁的高龄继续担任着中国科协的名誉主席和中国人民解放军总装备部的高级顾问。

80岁时的钱学森在受奖仪式讲了这样一段令人折服的话："……可是我现在还没有到生命的最后一刻，到底我怎么样，还有待于将来吧。所以我想，我还要努力。那么我努力的方向是什么呢？今天向各位领导，向江总书记，杨主席汇报。我有个打算，我的打算就是：我认为今天科学技术不仅仅是自然科学工程技术，而是人类认识客观世界，改造客观世界的整个知识体系，而这个体系的最高概括是马克思主义哲学。我们完全可以建立起一个科学体系，而且运用这个科学体系去解决中国社会主义建设中的问题……假设我们把这个科学体系建立起来了，就跟放卫星一样，完全可以用来成功地建设社会主义……我在今后的余生中就想促进一下这件事情。"

2002年中国科学院和中国工程院共同主持出版了一套《院士成才启示录》（广东科学技术出版社），其中收入了钱学森的回忆文章《学有成就，立志报国》。他在该文的末尾写道：

> 回顾过去固然重要，但我却更乐意展望未来，想想科学技术在今后会有哪些重大发展，作为第一生产力，这些发展对我国社会主义现代化建设事业，乃至对人类社会可能产生什么样的重大影响。我们要面向现代化，面向世界、面向未来嘛。
>
> 我们现在已经看到并正在经历的，是由电子信息技术发展所引发的信息革命。计算机的迅速发展和普及，通信网络的建设，已使信息革命渗透到人类社会的许多方面，改变着人类的生产方式、工作方式、生活方式和学习方式，也改造着人自身，体力劳动与脑力劳动的差别将会消失。所以信息革命是又一次产业革命，即我所说的第五次产业革命。
>
> 我们还应该看到即将到来的21世纪，以太阳光为能源，利用生物（包括植物、动物及菌物）、水和大气，建立农、林、草、海、沙五种综合种植，畜、禽、菌、药、渔加上工、贸的知识密集型产业，将是人类历史上的第六次产业革命。这次产业革命将不是发生在工业发达的大城市，而是发生在农村，使农村变为小城镇，城乡差别消灭了，工业与农业的差别消灭了。

纵观钱学森的学术生涯，可以说他一生都在锲而不舍，孜孜以求地耕耘在广阔科学技术研究领域。机遇往往只属于那些有着长期的特殊准备，并把自己的一生献给自己热爱的事业的人们。钱学森获得了机遇，抓住了机遇，取得了成功。

第七十七章

钱学森学术活动年表

1911 年　12 月 11 日生于上海。

1913 年　随父母迁居北京，上蒙养院（幼儿园）。

1917 年　进入京师女子师范学堂附属小学（今北京第二实验小学）读初级小学。

1923 年　小学毕业，升入北京师范大学附属中学初中部学习。这期间读到爱因斯坦写的科普读物《狭义与广义相对论浅说》一书，受到了深刻的影响。

1926 年　进入北京师范大学附属中学高中部学习，受到了众多名师良好教育。

1929 年　高中毕业，考取中国上海交通大学，在机械工程系学习。以优异的成绩得到免交学费的奖励。

1930 年　暑假期间因患伤寒病，在杭州老家休学一年，其间阅读了《艺术史》、普列汉诺夫的《艺术论》和布哈林的《唯物论》等大量社会科学方面的名著，对后来产生了重要影响。

1931 年　回校继续学习。最初接触了共产党外围组织。

1934 年　于上海交通大学机械工程系铁道机械工程专业毕业，考取清华大学飞机设计专业留美公费生。1934 年 7 月至 1935 年 7 月先后到杭州笕桥飞机厂、南京空军飞机修理厂、南昌空军飞机修理厂见习。时年到北京参观清华大学并拜访导师王士卓。

1935 年　8 月，从上海乘坐美国邮船公司的船离国，同船的留美同学有徐芝、夏勤恽等。进入美国进入麻省理工学院航空系学习。

1936 年　获美国麻省理工学院航空工程硕士学位；10 月，转入加州理工学院航空系学习，开始了与冯·卡门教授先是师生后是亲密合作者的情谊。同年，参加马林纳领导的火箭研究小组，在冯·卡门指导下，与马林纳等一起研究火箭发动机的热力学问题、探空火箭问题和远程火箭问题等，并参与了美国早期用可储存液体推进剂的几种试验性火箭，如 1945 年"女兵下士"探空火箭和后来的"下士"导弹研制工作。

1937 年　秋，由马林纳介绍，参加了当时加州理工学院的马列主义学习小组，也得以认识该小组的书记、化学物理助理研究员 S·威因鲍姆（Weinbaum）。

1938 年　与冯·卡门合作进行的可压缩流动边界层研究，揭示了即使是一个运动的热体与外界冷空气在某一飞行马赫数时有相当的温度差，对物体的冷却仍逆变为加热。这是由于空气受压缩，温度升高和边界层传热率增加的结果。并与冯·卡门给出了发生这种逆变的马赫数计算公式。

1939 年　6 月，完成了在加州理工学院的博士论文工作，论文为《高速气动力学问题的研究》等四篇，取得航空和数学双博士学位后，任加州理工学院航空系的助理研究员。同年，发表了关于可压缩流体二维亚声速流动的研究结果。冯·卡门在 1941 年发表了关于空气动力学中压缩效应的研究成果。他们对翼上的压缩作用，共同提出了一个更普遍一些的修正，不用扰动很小这一假设，而是基于经过他们所修正的流动方程的另一种线性化，使它能应用于高速流动特别是应用于计算作用在翼型上的谙力。卡门－钱学森方法能给出某一速度范围内的满意结果。

1940 年　由于王助的推荐，成为成都航空研究所的通信研究员，撰写了一篇题为《高速气流突变之测定》的专论刊登在该所研究报告第二号上。从 1940 年开始，与冯·卡门合作，对飞机金属薄壳结构非线性屈曲理论的研究取得了一系列成果，包括外部压力所产生的球壳的屈曲，结构的曲率对于屈曲特性的影响，受轴向压缩的柱面薄壳的屈曲，有侧向非线性支撑的柱子的屈曲，以及曲度对薄壳屈曲载荷的影响等。

1941 年　与先后来到加州理工学院的郭永怀、林家翘、傅承义和钱伟长等，保持了比较密切的联系，常常在一起讨论各种问题。

1942 年　研究工作已有了成绩，并教了一些学生，同时由于美国战时军事科学研究的需要，暂时放松了对外国人的限制，便得以参加机密性工作；同年，美国军方委托加州理工学院举行喷气技术训练班，其作为教员之一。

1943 年　被加州理工学院聘为副教授。1943—1944 学年为美国一批军官讲授火箭与喷气推进方面的研究生课程，并组织编写了内容丰富的教材——《喷气推进》一书，全面论述了喷气推进的基本原理和喷气推进飞行器的性能。这本巨著成为以后十几年间不可或缺的参考书。

1944 年　因美国陆军得知德国研制 V－2 火箭的情报，委托冯·卡门教授领导，马林纳为副，大力研究远程火箭从而得以负责理论组，美国原始型的"下士"

式导弹就是他们研制成功的。当时他还约请了中国留学生林家翘、钱伟长一起进行弹道分析、燃烧室热传导、燃烧理论研究等工作。同年，美国航空喷气公司(Aerojet Company)聘请他为技术顾问。

1945 年　1 月被聘为美国空军科学咨询团(稍后更名为美国空军科学顾问委员会)成员;5 月,第二次世界大战结束前夕,随科学咨询团去欧洲,考察英、德、法等国的航空研究,特别是法西斯德国的火箭技术发展情况。这一时期,他取得了在近代力学和喷气推进的科学研究方面的宝贵经验,成为当时有名望的优秀科学家。与人合作的火箭研究技术对美国在"第二次世界大战"中打击法西斯,争取世界和平起到了关键作用,因而受到了美国总统罗斯福的接见与鼓励,并被授予"二战和平勋章"。

1946 年　暑期冯・卡门教授因与加州理工学院当局有分歧而辞职,作为冯・卡门的学生的他也离开加州理工学院,再到麻省理工学院任副教授,教空气动力学专业的研究生。1946 年开始将稀薄气体的物理、化学和力学特性结合起来研究,这是后来建立物理力学的先驱性工作。同年与郭永怀合作,完成重要论文"二维可压缩亚、超声速混合流和上临界马赫数",最早在跨声速流动问题中引入上下临界马赫数的概念。

1947 年　年初进入了麻省理工学院正教授行列,此时他 36 岁;暑假期间,向麻省理工学院当局请假回国探亲,9 月中旬与蒋英在上海结婚。随后返回麻省理工学院继续任教。

1948 年　10 月受加州理工学院邀请出任戈达德(R. H. Goddard)讲座教授和加州理工学院喷气推进实验中心主任职务,11 月 19 日签署了正式协议;此时,祖国解放事业胜利在望,他便开始准备回国,为此,他要求退出美国空军科学咨询团。发表了重要文章《工程与工程科学》(Engineering and Engineering Sciences)。

1949 年　5 月 20 日收到美国芝加哥大学金属研究所副教授研究员、留美中国科学工作者协会美中区负责人葛庭燧写来的信,同时转来 5 月 14 日曹日昌教授的信,更加紧了回祖国的准备;秋,从麻省理工学院回到加州理工学院就任喷气推进中心主任、教授;从 20 世纪 40 年代到 60 年代初期,他在火箭与航天科学技术领域提出了若干重要概念:在 40 年代提出并实现了火箭助推起飞装置,使飞机跑道得以缩短;提出了火箭旅客飞机概念和关于核能火箭的设想。

1950 年　7 月美国政府决定取消他参加机密研究的资格,理由是他与威因鲍姆有朋友关系,并指控他是美国共产党员,非法入境。他趁机立即决定以探亲为名回国,准备一去不返,但当他一家将要出发时,被当局拘留起来,两星期后虽经同事和朋友保释出来,但继续受到移民局的限制和联邦调查局特务的监视,滞留美国 5 年之久。

1951 年　研究了"一种探空火箭的最优推进的设计",即求探空火箭的最优弹道问

题，即在相同的燃料消耗条件下，使火箭达到的高度最大的理想弹道问题，这给控制系统设计提供了一种理论与方法。

1952 年　弹道摄动理论在变系数线性控制系统设计中的应用，也是他的早期研究成果。1952 年发表的"长射程火箭飞行器的自动导航"研究成果，不仅比 R·德瑞尼克（在 1951 年研究过这种理论对远程火箭控制问题的应用）的结果更完善，而且包含了自动导航的内容。1952 年还研究过如何利用反馈控制的方法使火箭发动机中的燃烧过程稳定，成功地建立了描述燃烧室压力变化规律的方程。

1953 年　在遭受美国政府迫害的几年中，他除了教书和做研究工作外，未放弃学术研究。正式提出物理力学概念，主张从物质的微观规律确定其宏观力学特性，改变了过去只靠实验测定力学性质的方法，大大节约了人力物力，并开拓了高温高压的新领域。这一年还研究了行星际飞行的可能性。

1954 年　他具有开创性的研究成果《工程控制论》（英文版）一书在美国出版。该书俄文版、德文版、中文版分别于 1956 年、1957 年、1958 年出版。他在 20 世纪 40 年代末、50 年代初对第二次世界大战后迅速发展的控制与制导工程技术实践进行全面观察时，具有比别人更敏锐的眼光去发现、提炼出指导控制与制导系统设计的普遍性概念、原理、理论和方法，从而创建了作为一门技术科学的"工程控制论"。工程控制论在形成的过程中，把设计稳定与制导系统这类工程技术实践作为主要研究对象。他本人成为这类研究工作的先驱者。

1955 年　6 月的一天，他们夫妇摆脱特务监视，在一封写在一张小香烟纸上、寄给在比利时亲戚的家书中，夹带了给陈叔通先生的信，请求祖国帮助他早日回国。8 月 1 日，中美大使级会谈在日内瓦开始，王炳南大使以这封信为依据，迫使美国政府不得不允许他离美回国。10 月 8 日，他们一家到达香港，同日到达广州，受到党和政府的热烈欢迎和无微不至的照顾。11 月，和钱伟长合作筹建中国科学院力学研究所，同时提出开展运筹学研究的设想。12 月 27 日，方毅根据彭德怀元帅的指示，详细地听取了他关于如何发展我国火箭技术的意见。

1956 年　1 月 5 日，中国科学院力学研究所成立，9 月中国科学院任命他任力学所所长、研究员，一直到 1984 年 2 月换届去职；2 月 1 日叶剑英元帅在家里宴请他们一家和陈赓大将，饭后一起去向周恩来总理汇报在我国发展导弹事业的设想，周总理请他写一个报告供中央研究。2 月 17 日，他向国务院递交了著名的关于《建立我国国防航空工业的意见书》；4 月 13 日，国务院成立了以聂荣臻元帅为主任的航空工业委员会，他也被任命为委员；参加制定了国家《1956 年至 1967 年科学技术发展远景规划纲要》，确定了 57 项国家重要科学技术任务。他担任综合组组长，并主持完成了第 37 项《喷气和火箭技术的建立》的规划；根据他的《意见书》和主持制定的《喷气和火箭

技术的建立》的规划,我国正式启动了导弹与火箭事业;5 月 10 日,聂荣臻元帅提出《关于建立我国导弹研究工作的初步意见》,并且建议在航空工业委员会下设立导弹管理局,他首任总工程师;10 月 8 日,我国第一个导弹研究机构——国防部第五研究院成立,下设十个研究室,他首任院长,这一天成为中国导弹和航天事业奠基的历史性纪念日。他也成为中国导弹和航天事业的开创者和奠基人。这一天恰好是他回归祖国一周年的日子。聂荣臻元帅亲自主持五院成立仪式,这一天在对新中国 156 名大学毕业生进行导弹专业教育训练班的开课日上,他主讲《导弹概论》;11 月,他从理论上论证了关于大型风力发电站的设计方案;同年还发表《论技术科学》一文,首次阐述现代科学技术体系的三个层次;他还在政协第二届全国委员会第二次全体会议上,被增选为政协第二届全国委员会委员。

1957 年 在他的倡议下,中国力学学会成立,他被一致推举为第一任理事长(1982 年当选为中国力学学会名誉理事长)。2 月 18 日,周总理签署命令,任命他为国防部第五研究院第一任院长;11 月 16 日,周总理任命他兼任国防部第五研究院一分院(即今天的中国运载火箭技术研究院)院长;他所著《工程控制论》获中国科学院首届自然科学奖一等奖;在中国科学院第二次学部委员(院士)大会上,他被增聘为中国科学院学部委员(院士);6 月,中国自动化学会筹备委员会在北京成立,他任主任委员;9 月,随聂荣臻赴苏联访问,并就新技术援助问题同苏联进行谈判;9 月,国际自控联成立大会推举他为第一届 IFAC 理事会常务理事。

1958 年 1 月,他主持制定了国防部五院第二个五年计划期间(1958—1962)的研制计划;2 月,中国科学院成立了以他为组长的领导小组,负责筹建我国人造卫星、运载火箭、卫星探测仪器等的设计、协调和研究机构,启动了我国航天事业,并在国防部五院主持制定了《喷气与火箭技术十年(1958—1967)发展规划纲要》;2 月,在中国科学院研究所所长会议上提出农业工业化概念,即以后的农业发展,不仅是机械化、电气化、化学化的问题,而是如何把工程技术应用到农业上去,使农业生产也成为一个工厂似的,就是在控制的条件下进行生产,这也可以叫做农业的工业化;同时,比较全面地论述了沼气的产生和利用问题。3 月 1 日《人民日报》发表他的《不到园林,怎知春色如许——谈园林学》一文。该文指出:"我国的园林设计比建筑设计更带有综合性","我国的园林学是祖国文化遗产里的一颗明珠","在新的社会、新的时代……把园林学的内容更加丰富起来","应该更广泛地和更深刻地来考虑发展我国园林学问题";5 月 29 日,聂荣臻元帅与他及黄克诚一起部署了我国第一枚近程导弹的制造工作;同年,中国科学院成立了以他为组长,赵九章、卫一清为副组长的领导小组,负责筹建人造卫星运载火箭以及卫星探测仪器和空间物理的设计、研究机构;同年,任中国科学技术大学近代力学系主任;

1959 年　8 月，经杜润生、杨刚毅介绍，他加入了中国共产党，并当选为第二届全国人民代表大会代表，并相继当选为第三、四、五届全国人民代表大会代表。

1960 年　3 月，周恩来总理批准他请辞第五研究院院长的报告，任命他为副院长，从此，他的主要职务一直为副职，专司我国国防科学技术发展的重大技术问题；4 月 19 日参加在上海锦江饭店举行的中国科学院第三次学部委员会扩大会议；11 月 15 日在聂荣臻元帅现场亲自指导下，以张爱萍将军为主任，孙继先、王诤与他为副主任的试验委员会，在我国酒泉发射场成功地组织了我国制造的第一枚近程导弹的飞行试验，这是我国军事装备史上的一个重要的转折点。在他的倡议下，中国科学院成立运筹所，运筹学正式在中国创立。

1961 年　6 月 3 日，在他的倡导下中国科学院举行了第一次星际航行座谈会，会上，他发表了题为《今天苏联及美国星际航行火箭动力及其展望》的讲演。星际航行座谈会延续 3 年，共举行了 12 次专题研讨活动。他和郭永怀等人以极大的魅力和科学预见，在星际航行座谈会汇聚数、理、化、天、地、生、力及声、光、电、半导体、遥感、医学等多学科、多高新技术领域的高层次专家，针对发展我国的航天事业进行了十分广泛的讨论，对后来我国航天科研事业具有重要的意义，并由此启动了其他高新技术领域研究的开展；12 月在中国自动化学会成立大会上，全体代表一致推举他为首任理事长。

1962 年　2 月 2 日，国防部第五院研究科学技术委员会成立，他任主任；3 月，参加在广州召开的科学规划会议，周恩来总理、陈毅副总理、聂荣臻副总理出席并讲话；3 月 22 日，他率五院有关技术人员赴基地现场处理"东风－2 号"导弹发射失败及故障分析；他所著《物理力学讲义》中文版由科学出版社出版。

1963 年　2 月，他所著《星际航行概论》一书由科学出版社出版，书中提出了用一架装有喷气发动机的大飞机作为第一级运载工具，用一架装有火箭发动机的飞机作为第二级运载工具的天地往返运输系统概念；中国科学院成立由竺可桢、裴丽生、赵九章及他领导的星际航行委员会。11 月，他在论述科学技术的组织管理工作时阐明，现代科学技术的特点之一是分工细、专业多和研究工具的复杂化、大型化，他指出，组织管理工作中应充分利用现代科学技术的成果。

1964 年　3 月，国防科委成立了以他为组长的空气动力学专业组，提出了成立国家统一的空气动力中心的重大建议；春，在周总理的直接领导和关怀下，他负责组织了我国著名的战略导弹武器发展大讨论，制定了我国地地弹道导弹发展的"8 年 4 弹"规划，得到中央批准，并组织实施。6 月 29 日我国自行设计的中近程导弹进行飞行试验获得成功。

1965 年　1 月 8 日，他正式向国家提出报告，建议早日制定我国人造卫星的研究计划并列入国家任务，促进了这项重大国防科学技术的发展。在以后的岁月

中，他为解决人造卫星研制中的许多关键技术问题贡献了智慧；同年，任第七工业机械部副部长。

1966 年 他亲自提出了解决运载火箭滑行段喷管控制难题的意见。10 月 27 日他协助聂荣臻元帅，在酒泉发射场直接领导了用中近程导弹运载原子弹的"两弹结合"飞行实验，获得圆满成功。这次实验标志着中国拥有了用于自卫的导弹核武器。12 月 31 日参加聂荣臻在西北核试验基地主持的技术座谈会。

1967 年 2 月他主持召开"东风 - 3 号"推力不足、弹头落点偏差较大的故障分析会；5 月下旬在西北基地主持"东风 - 3 号"导弹 01 批发射任务，为我国后续"东风 - 4 号"、"东风 - 5 号"导弹的研制和发射开拓了道路；同年，国防科委成立 17 院筹备组（1976 年国务院、中央军委决定在此基础上调整组建为中国空气动力研究与发展中心），他任组长。12 月，筹备组提出关于建立空气动力研究院的具体规划设想及建设工作意见。我国的气动中心现已成为航空航天飞行器及风洞工程研制与发展的重要技术支柱，在国际上享有盛誉。

1968 年 年初，他领导的 17 院筹备组，规划出一幅宏伟发展蓝图，使 17 院具有空气动力研究的"全天候"能力；2 月，他兼任中国空间技术研究院第一任院长。5 月 30 日，作为中国空间技术研究院院长，直接领导编制了《我国人造卫星、宇宙飞船十年规划（草案）》；本年为解决"东风 - 4 号"和"长征 - 1号"研制、试车中的技术问题，受周恩来总理委派数次到七机部一院现场协调处理，解决了许多技术难题。

1969 年 9 月 15 日，周恩来总理明确指定："651 总抓，由国防科委负责，钱学森参加。"因此，在 651 工程（第一颗人造卫星的工程代号）中，他实际上是担负着星 - 箭 - 地面三大系统总的技术协调和组织实施工作；这一年中国科学院有一些年轻人写了一批"分量很重"的批判稿，批判"世界上最大的唯心主义者"——爱因斯坦，并已经在院里出了批判相对论专刊，准备在当时中国最重要的刊物《红旗》杂志以及《中国科学》上发表，在由当时中科院负责人主持召开的审稿会上，他及一些著名科学家明确表示反对，捍卫了科学真理，避免了一出国际笑话；他当选为中国共产党第九次全国代表大会代表和第九届中央委员会候补委员，并相继当选为第十、十一、十二、十三、十四、十五次全国代表大会代表，第十、十一、十二届中央委员会候补委员。

1970 年 他担任国防科学技术委员会副主任。4 月 24 日，质量为 173 公斤的我国第一颗人造卫星发射成功，他和发射基地的领导人在现场发表了热情洋溢的讲话。"五一"国际劳动节晚上，毛泽东主席、周恩来总理在天安门城楼上接见了他及任新民等参加第一颗卫星工程研制的代表。

1971 年 提出开展空间环境预报和研究工作，内容包括太阳活动预报、地磁活动预报和电离层扰动预报等。

1972 年　8 月，出席中共中央在北京召开的全国科学技术会议，这是自文化大革命以来第一次全国性的讨论科学技术问题的会议；在这一年还出席了全国计量工作会议，并发表了讲话。

1973 年　9 月，他提出："要总结经验，从总结经验中形成一个概念，这就是'测控网'，要在全国建立一个测控网。"这个测控网的概念，是指测控设备的布局能适应多场区、多射向、多弹道飞行试验的特点和不同发射倾角、不同运行轨道卫星的测控要求。

1974 年　9 月，主持国防科委会议，邀请我国"718"工程、海军领导和有关部委领导听取了七机部一院《关于向太平洋海域发射我国远程运载火箭的试验方案和请求开展我国首次远洋考察的报告》，当即部署国防科委机关向中央起草报告，着手开展我国远洋考察工作，正式启动了我国首批太平洋海域运载火箭试验的准备工作，并且亲自承担起运筹、指导震惊中外的我国首批太平洋火箭试验的任务。

1975 年　春，他着手抓我军第一个分子遗传学研究室的筹建工作。

1976 年　在北京召开的空间物理学术会上，他首次提出了"空间气象"的概念。这比美国 1994 年提出空间天气计划早 18 年，由此可以看出，他在科学思想方面的远见卓识。

1977 年　10 月，连续两天在中共中央党校作《关于现代科学技术发展》报告；12 月发表《现代科学技术》一文，在我国首先提出发展科学学研究；出席在京西宾馆举行的银河计算机方案论证会。并提出若干建设性意见。

1978 年　3 月中旬，参加全国科学技术大会，在会上提出关于发展我国科学技术的 10 项建议；5 月，在北京、成都、昆明、长沙等地宣讲系统工程知识，掀起了全国的系统工程热潮。9 月 27 日，在《文汇报》发表《组织管理的技术——系统工程》论文，对运筹学、系统工程和系统分析科学活动在中国的繁荣产生了十分积极的影响，被誉为是系统工程在中国发展的一个里程碑；1978 年国务院决定编辑出版《中国大百科全书》，成立了中国大百科全书总编辑委员会，主任为胡乔木，他及 21 位著名科学家和学者任副主任。

1979 年　在中美正式建立外交关系的当年，获美国加州理工学院"杰出校友奖"(Distinguished Alumni Award)，但他没有到美国接受这份荣誉。直到 2001 年 90 岁生日时，在美国的好友 Frank E. Marble 教授受美国加州理工学院校长 D. Baltimore 委托，专程来北京将"杰出校友奖"的奖状和奖章当面颁发给了他；1 月提出社会系统工程的概念，这是把在航天领域实践中取得成功的系统工程组织管理思想推广到社会管理，其意义十分重大；同时提出建立"系统科学体系"是并列于自然科学和社会科学的概念，并在我国首先提出科学学的三个分支学科，即科学技术体系学、科学能力学和政治科学学的概念；7 月提出电子计算机是与毛泽东讲的蒸汽机、电力和核能并列的一项技术革命；10 月，在《大力发展系统工程，尽早建立系统科学

体系》一文中，建立了从马克思主义哲学，经自然辩证法和社会辩证法（历史唯物主义）到自然科学，数学、社会科学，再到技术科学，最后是工程技术的五个层次的现代科学技术体系的雏形。还提出14门系统工程专业及相应的专业的特有学科基础，把系统工程和环境系统工程纳入他的科学技术体系；当选为中国宇航学会名誉理事长。

1980年　4月，提出建立“思维科学体系”是并列于自然科学和社会科学的概念；6月，提出建立“国家总体设计部”原始概念；7月，明确提出把“灵感”看作是创造性思维中的“不同于形象思维和抽象思维的思维形式”；10月，与宋健合著《工程控制论》（修订版）上册出版，修订版反映了他原著《工程控制论》出版25年来工程控制论这门科学在各方面的主要进展，达到了世界先进水平；当选为中国科学技术协会第二届全国委员会副主席；当选为中国空气动力学研究会（1989年更名为中国空气动力学会）名誉理事长；11月，他倡导的中国系统工程学会成立，并被推选为学会的名誉理事长。

1981年　1月，提出建立“人体科学体系”是并列于自然科学和社会科学的概念；1月，提出建立一门思维科学的基础科学叫“形象思维学”。同时提出灵感是一种可以控制的大脑活动，是一种思维，也是有规律的，要创立一门“灵感学”；提出系统科学的基础理论是系统学；3月，第一次完整地提出现代科学技术体系的结构，包括自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学6大部门；6月，提出重视科学文化发展“第四产业”；10月与宋健著《工程控制论》（修订版）下册由科学出版社出版。

1982年　2月，与宋健合著《工程控制论》（修订版）获全国优秀科技图书奖；5月，提出建立新的文艺学，并提出文艺体系结构分为小说杂文、诗词歌赋、建筑艺术、造型艺术、音乐、戏剧电影6个部分；6月，提出建立新的研究社会主义精神财富创造的学问——文化学；7月，又提出增加文艺理论和军事科学两大科学部门，使现代科学技术体系成为8大部门；提出“三论归一”，即系统论、控制论和信息论可以归结为系统论；担任国防科学技术工业委员会科学技术委员会副主任；11月，与他人合著的《论系统工程》出版；11月2日，在中共中央党校作《研究和创立社会主义现代化建设的科学》报告时强调：“环境管理是国家的一个重要功能”，“环境管理非常重要，工作也很复杂、艰巨，是一个复杂的系统工程技术——环境系统工程技术。”

1983年　3月，提出“我国需要建立国民经济和社会发展的总体设计部”，建立社会主义国家学，并认为社会主义国家功能大致为八个方面；3月，提出科技情报工作是科学技术的概念；6月，《保护环境的工程技术——环境系统工程》一文在《环境保护》第6期发表，首次提出创立“地球表层学”；12月，出席大百科全书军事卷第三次编委会，并在会上发表了讲话。

1984年　在中国科学院第五次学部委员（院士）大会上，被增选为中国科学院主席团执行主席；《对技术美学和美学的一点认识》一文在《技术美学丛刊》第

1期发表,该文讲到建立马克思主义的、科学的美学,要开展三个方面的工作。1月,提出增加技术美学、园林艺术,文艺体系结构扩大为8个部分;2月14日,在一次题为《生态经济学必须关心长远的环境》讲话中认为:“真正关心我们的生活环境,只讲生物圈,讲人与生物圈,概念似乎不很确切。”“要考虑的问题,是整个地球的表层。”“研究生态经济学,我们要考虑现在和子孙后代,就是要考虑资源怎么不断为人类利用,做到永续利用的问题。”提出第六次产业革命是农业型的知识密集产业,其中包括后来发展形成的沙产业和草产业。

1985年　1月,提出目前人类认识客观世界五个层次概念:即在原来的“宇观、宏观、微观”三个层次上又加了“胀观”、“渺观”两个层次,并指出这种认识过程还在发展中,现在尚未定论;2月,提出建立“数量地理学”的设想,“数量地理学”是地球表层学下的新学科;因他对我国战略导弹技术的贡献,作为第一获奖人和屠守锷、姚桐斌、郝复俭、梁思礼、庄逢甘、李绪鄂等获全国科技进步特等奖;5月17日,在“全国交叉科学讨论会”上提出建立“行为科学”大部门的概念,现代科学技术体系增加到九大部门,并同时指出:“所谓交叉科学是指自然科学和社会科学相互交叉地带生长出的一系列新生学科。有些人对交叉学科是有看法的,好像交叉学科总有点不正规。其实,就是一般公认的那些所谓正规学科也是交叉的,也是既有自然科学又有社会科学。”“各学科部门之间是不是有交叉?显然是有的。因为人类的知识、现代的科学是一个整体。如果说到这九个科学的实际应用,那其中交叉就更甚了,所以,交叉学科的发展是历史的必然,具有强大的生命力。”8月,发表《关于建立城市学的设想》,他说:“我觉得要解决当前复杂的城市问题,首先得明确一个指导思想——理论,有了城市学,城市的发展规划就可以有根据了。”“建立从城市规划——城市学——数量地理学这样一个城市的科学体系。”为实现资源永续利用,提出废旧物资及资源回收利用的设想。

1986年　年初,提出创建系统学是一场新的科学革命;《文艺研究》第1期刊载钱学森《关于马克思主义哲学和文艺学美学方法论的几个问题》一文,在文中他表示:不大赞成所谓“交叉科学”这个概念。认为:所有学科都是交叉的,相互联系的。同时也不赞成“边缘科学”的说法。认为,有边缘,就有中心。那么谁是中心,谁是边缘?任何一门学科都是根据实际需要建立的。有的是老的,有的是新的。老的也可能经过换装变成新的。总之,各个科学部门是个整体。4月,提出增加烹调、服饰,文艺体系结构扩大为十个部分;4月11日,中国人民政治协商会议六届四次全国委员会增选他为副主席;6月27日,中国科协第三次全国代表大会一致选举他为中国科协主席;10月提出增加书法,文艺体系结构扩大为十一个部分;11月提出“发展地理科学的建议”,现代科学技术体系增加到十大部门;《关于思维科

学》一书出版。

1987 年　率领中国科协代表团出访英国和德国；7 月，被聘为国防科学技术工业委员会高级顾问。这个"高级智囊团"是 1982 年经国务院、中央军委批准成立的，在国防科技重大决策中起到过咨询和参谋的重要作用；提出复杂巨系统概念；《社会主义现代化建设的科学和系统工程》出版。

1988 年　3 月，在中国科协三届三次全委会上大声疾呼：旧中国前人提出过"科学救国"的口号，但只提到科学，没有提到技术，现在我们要提出"科技兴国"的口号；他在中共中央党校作了题为《社会主义建设的总体设计部——党和国家的咨询服务工作单位》的学术报告；《求是》杂志第 9 期刊载了他和孙凯飞的文章《建立意识的社会形态的科学体系》，文章指出：建立意识的社会形态的科学体系，在宏观高度上总揽全局的精神文明学，下面分研究思想建设的是行为科学，研究文化建设的是文化科学两大部分。这就不只是一门学问，而是科学的一个部门。在文化科学中，综合全局的是文化学，作为文化学基础的有教育、科技、文艺、建筑园林、广播电视、新闻出版、体育、图书馆博物馆（展览馆科技馆等）、旅游、花鸟鱼虫、美食、群众团体和宗教 13 个方面的学问，同时，提出建立"地理科学体系"的概念。《论人体科学》出版；《论系统工程》（增订版）出版。

1989 年　6 月 29 日，在美国纽约召开的 1989 年国际技术与技术交流大会授予他"威拉德 W·F·小罗克韦尔（Rockwell，Jr.）奖章"和"世界级科学与工程名人"、"国际理工研究所名誉成员"的称号，表彰他对火箭导弹技术、航天技术和系统工程理论作出的重大开拓性贡献，称他"在有关火箭设计的研究工作中，为发展喷气推进引入了钱学森公式。钱学森长期担任中国先驱的火箭和航天规划的技术领导人。他对航天技术、系统科学和系统工程做出了巨大的开拓性的贡献。"提出了"从定性到定量的综合集成方法（Meta-synthesis）"这又称为综合集成技术或综合集成工程），开放的复杂巨系统概念；12 月，提出"地理建设"的概念，第一次把地理建设提高到了与物质文明、精神文明建设相当的高度；同月，提出社会主义三个文明建设（物质文明、政治文明、精神文明）；《创建人体科学》出版。

1990 年　发表了重要文章《一个新的科学领域——开放的复杂巨系统及其方法论》，提出开放的复杂巨系统概念，把系统分为简单系统和复杂系统，小系统和巨系统，并提出研究开放的复杂巨系统的方法应是"从定性定量的综合集成方法"。这是因为"在科学发展的历史上，一切以定量研究为主要方法的科学，曾被称为'精密科学'，而以思辨方法和定性描述为主的科学则被称为'描述科学'。自然科学属于'精密科学'，而社会科学则属于'描述科学'"。7 月 31 日，在给吴良镛院士的信中首次提出"山水城市"的概念。信中说："能不能把中国的山水诗词，中国古典园林建筑和中国山水画溶合在一起，创立'山水城市'的概念？人离开自然又要返回自然。社会

主义中国，能建造山水城市式的居民区。”

1991 年　3 月 8 日，中共中央政治局专门召开会议，听取他“关于建立国家总体设计部体系”的汇报，并作出决定，予以应用；5 月，中国科协四届一次全委会授予他中国科协名誉主席称号；10 月 16 日，国务院、中央军委授予他“国家杰出贡献科学家”荣誉称号和一级英雄模范奖章；他建议尽快在我国建立起科学技术业，作为今天的一项重大的战略决策；12 月，“钱学森系统科学与系统工程学术思想讨论会”在北京举行；《钱学森文集（1938—1956）》英文版出版。

1992 年　在中国科学院第六次学部委员（院士）大会上，被聘请为中国科学院学部主席团名誉主席；3 月，他又进一步提出了“从定性到定量综合集成研讨厅体系”和“大成智慧工程”的概念。研讨厅由以计算机为核心的现代高新技术的集成与融合所构成的机器体系、专家体系和知识体系三部分组成。开创了人机结合、人网结合、知识增长的新途径，进一步提高了人处理复杂系统决策问题的智能和智慧。

1993 年　6 月，他建议重视开发遥作和遥作技术（建立操作人员不在现场，就可以管好机器人生产线）这是人 - 机结合概念的扩展，是一项十分重要的高技术。

1994 年　在中国工程院第一次院士大会上，被选聘为中国工程院院士；5 月，中国科协学会部等 10 个全国性专业学（协）会，联合在北京举行了“钱学森现代科学技术体系研讨会”；9 月，“钱学森建立沙产业理论十周年纪念会”在北京举行；10 月，提出应把越来越重要的情报信息作为第四产业的新构思，认为，第一、二、三产业生产的是有形产品，而第四产业则生产非物质形态的思想和各种信息符号，它可以服务于社会，是高度脑力劳动的领域；提出集古今中外的哲学、社会科学和自然科学之大成的“大成智慧学”，为科学界打开了一条新路；11 月，获首届何梁何利基金优秀奖（后改称“科学与技术成就奖”），奖金 100 万港元；所著的《科学的艺术与艺术的科学》出版，《论地理科学》出版，《城市学与山水城市》出版。

1995 年　《工程控制论》（修订版）获“国家图书奖”。该奖为国家图书最高奖。

1996 年　在交通大学百年校庆之际，由江泽民总书记题写馆名，第一次以我国科学家的名字命名的图书馆——钱学森图书馆，在西安交通大学隆重举行命名仪式，该图书馆坐落在西安交通大学新世纪广场；6 月 4 日，他提出要坚定不移地用马克思主义哲学指导我们的工作，强调学术民主非常重要。提出建立“建筑科学”大部门的概念，现代科学技术体系增加到十一大部门；12 月，“钱学森系统工程与系统科学学术思想讨论会”在北京海军装备论证中心举行；《系统研究——祝贺钱学森同志 85 寿辰论文集》出版；《城市学与山水城市》（增订版）出版；《人体科学与现代科技发展纵横观》一书出版。

1997 年　《工程控制论》(修订版)获“国家科学技术奖(科技著作类)”二等奖。

1998 年　被聘为中国科学院、中国工程院资深院士;同年被聘为中国人民解放军总装备部科学技术委员会高级顾问;5 月,为把建筑和城市科学统归于“建筑科学”大部门,建议将“城市科学”改称为“宏观建筑”(Macroarch itecture),将通称的“建筑”改为“微观建筑”(Microarchitecture);《论人体科学与现代科技》一书出版。

1999 年　9 月 18 日,中共中央、国务院、中央军委授予他“两弹一星”功勋奖章;《山水城市与建筑科学》一书出版。

2000 年　12 月,《钱学森手稿(1938—1955)》出版,他又一次成为全世界关注的热点人物。本书获第十届全国优秀科技图书荣誉奖;获第五届国家图书荣誉奖。

2001 年　7 月,“钱学森与现代科学技术研讨会”在北京大学现代科学与哲学研究中心举行;8 月 29 日,江泽民批示:“我们应该向人民科学家钱学森同志学习”; 9 月 23 日,新华社发表张劲夫的文章《让科学精神永放光芒——读〈钱学森手稿〉有感》; 12 月 10 日上午,由中国科学技术协会、中国科学院、中国工程院、国防科工委联合在北京科技会堂举行“钱学森科学贡献暨学术讨论会”;12 月 11 日,江泽民总书记到他家里看望,祝愿他健康长寿;12 月 21 日上午,由中国科学技术协会、中国科学院、中国工程院联合举办的“钱学森星”命名仪式在北京人民大会堂举行。经国际小行星中心和国际小行星命名委员会批准,由中国紫金山天文台杨建兴研究员发现的国际编号为 3763 号的小行星正式命名为“钱学森星”。从此,太阳系中一颗原本默默无闻的小行星与一代科学巨匠的名字紧紧地联系在了一起。在他 95 岁寿辰之际,总装备部、国防科工委、中科院力学研究所、系统科学研究所、自动化研究所、上海交通大学、西安交通大学和中国科学技术大学等科研院校和学术研究单位举行了内容丰富的学术纪念活动。《论宏观建筑与微观建筑》出版,《钱学森论第六次产业革命通信集》出版,《创建系统学》出版,《钱学森科学贡献暨学术讨论会论文集》出版。

2002 年　1 月,获第二届“霍英东杰出奖”,奖金 100 万港元;3 月 4 日,国防工业出版社召开向人民科学家钱学森学习座谈会。

2003 年　4 月,《九十华诞钱学森》(内部资料集)出版;10 月 1 日上午,中共中央政治局常委曾庆红和国务院副总理华建敏、国务委员陈至立、中央统战部部长刘延东等到他家看望了他;10 月 15 日我国第一艘载人飞船“神舟”5 号发射成功,载人航天工程总设计师王永志院士在第一时间与他通话;10 月 16 日我国首次载人航天飞行任务取得圆满成功,他亲笔题写了:“热烈祝贺神舟五号发射成功,向新一代航天人致敬!”表示祝贺。10 月 6 日,他在家里接受了中央电视台记者的采访。

2004 年　纪念钱学森沙产业、草产业理论创建 20 周年研讨会在北京举行。

2005 年　2 月 21 日，“纪念钱学森归国 50 周年”活动启动，中国空间技术研究院举行“人民科学家”钱学森铜像揭幕仪式；5 月 14 日，北京海淀区实验中学举行“钱学森班”命名仪式暨钱学森塑像揭幕仪式，航天英雄杨利伟出席并讲话；7 月 29 日上午，中共中央政治局常委、国务院总理温家宝前往中国人民解放军总医院看望了他；10 月，中央批准在上海交通大学徐汇校区建立钱学森图书馆。11 月 12 日上午，中国航天科技集团、中国航天科工集团在北京联合举行了“纪念钱学森归国 50 周年座谈会”；12 月 6 日，中国科学院力学研究所举行“建所 50 周年暨钱学森归国 50 周年大会”；《智慧的钥匙——钱学森论系统科学》出版；12 月 6 日上午，庆祝中科院力学研究所建所 50 周年暨钱学森回国 50 周年大会在北京举行。会上，由华迪计算机有限公司和中华文化信息网共同创办的钱学森网（www. hd-qxs. com. cn）正式开通。